DEUTSCHES MUSEUM

ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

JAHRGANG 11 / 1939

GESCHENK DER
SIEMENS - RING - STIFTUNG

8. 11. 40

Stadt-
Bibliothek
Elbing

BIBLIOTEKA
UNIWERSYTECKA
W TORUNIU

DEUTSCHES MUSEUM
ABHANDLUNGEN UND BERICHTE

11. JAHRGANG / 1939

MIT 58 ABBILDUNGEN
UND 3 BILDNISSEN

1 9 3 9

VDI-VERLAG GMBH / BERLIN NW 7

1940: 557

SCHRIFTLEITUNG:
Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. rer. nat. Dr.-Ing. E. h. J. ZENNECK VDI, München
Prof. Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. C. MATSCHOSS VDI, Berlin

Zuschriften sind zu richten an die Abteilung für Technikgeschichte
des VDI im NSBDT, Berlin NW 7, Ingenieurhaus

DEUTSCHES MUSEUM

Einteilung, Besuchszeiten und Eintrittspreise

Vom 27. September 1939 bis auf weiteres.

a) Sammlungen:
Öffnungszeit: Täglich von 9 bis 16.30 Uhr.

Zugänglich sind

Montag, Mittwoch, Samstag, Sonntag:
1. Obergeschoß (Meßwesen, Mathematik, Physik, Optik, Fernsehen, Akustik, Musikinstrumente, Chemie, Photographie)

Dienstag, Donnerstag, Sonntag:
Erdgeschoß (Geologie, Bergbau, Hüttenwesen, Metallbearbeitung, Kraftmaschinen, Landverkehrsmittel, Eisenbahn-, Tunnel- und Straßenbau, Kraftfahrwesen, Brückenbau, Schiffbau, Flugtechnik)

Freitag:
2. und 3. Obergeschoß (Bauwesen, Beleuchtung, Heizung, Kältetechnik, Wasserversorgung, Bäder, Astronomie, Textilindustrie, Papierherstellung, Vervielfältigungstechnik, Landwirtschaft, Brauerei, Brennerei)

Eintrittspreise:

Erwachsene	RM —.50
Studierende und Jugendliche	RM —.25
Wehrmachts- und Polizeiangehörige in Uniform	RM —.10

b) Bibliothek:
Geöffnet: Täglich von 12 bis 20 Uhr.

Führungen werden jederzeit durch die Kasse vermittelt
Restauration und Buchhandlung im Hause
Straßenbahn: 1, 2, 9, 11, 19, 30 — Fernsprecher: 228 56

BIBLIOTEKA ELBLĄSKA
2570
BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA

Inhaltsverzeichnis

Heft 1

Seite

Uhink, Werner, Potsdam:

Zeit und Zeitmessen 1

Die physikalischen Maßeinheiten — Chronologie und Kalender — Die Zeiteinheiten: Sonnentag. Sterntag — Nullpunkt der Zeitzählung — Die Zeitmessung: Astronomische Zeitbestimmung. Instrumentelle Zeitmessung mit Uhren. Pendeluhr und Chronometer. Neuere schwerkraftunabhängige Uhren — Die Zeitverteilung — Anwendungen der Zeitmessungen höchster Genauigkeit: In der Praxis der Schweremessung. Für die Forschung. Kontrolle des natürlichen Zeitmaßes — Rückblick und Ausblick

Heft 2

Zenneck, J., München:

Georg Simon Ohm 33

Das Leben Ohms — Die Werke — Persönlichkeit: Ohm als Lehrer. Anerkennung Ohms. Äußere Erscheinung

Heft 3

Roselius, Ernst, Bremen:

Die Druckschrift unter dem Einfluß der Technik 59

Die geistigen Verkehrsmittel — Neue Anforderungen an die Druckschrift — Schreiben, Drucken, Lesen — Einfluß der Schreibtechnik auf die Buchstabenschrift — Einfluß der Drucktechnik — Lesbarkeit — Ausdrucksmittel der Druckschrift: Wechselbeziehungen von Inhalt und Ausdrucksform; Ausdrucksmittel der Aufmachung; Schriftgruppen und Schriftarten — Anwendung der druckschriftlichen Ausdrucksmittel: Graphologie der Druckschrift

Heft 4

Matschoß, Conrad, Berlin:

Julius Robert Mayer 99

Jugendzeit und Studium — Als Arzt auf einem Segelschiff — Stadtarzt in Heilbronn — Erste Veröffentlichung seiner wissenschaftlichen Ergebnisse — Körperlicher Zusammenbruch — Spätere Arbeiten

Meißner, W., München: Seite

Die wissenschaftlichen Leistungen Robert Mayers 116

Stand der einschlägigen Wissenschaft vor dem Erscheinen der ersten Veröffentlichung — Der erste Hauptsatz der Wärmetheorie

Heft 5

Stenger, Erich, Berlin:

Hundert Jahre Photographie 131

Vorläufer. Anfänge der Daguerreotypie — Erste Entwicklung. Kritik und Fortschritte — Talbots Negativ-Positiv-Verfahren — Das nasse Verfahren, ein photochemischer Fortschritt — Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten durch das Trockenverfahren — Lichtempfindlichkeit der Negativschicht — Kinematographie — Photographie im Gebiet nicht sichtbarer Strahlen — Farbenphotographie

Heft 6

Croon, Ludwig, Hannover:

Das Fahrrad und seine Entwicklung 161

Vorläufer — Die Laufmaschine — Die ersten Verbesserungen — Weitere Entwicklung in England — Das Niederrad — Bereifung — Der Rahmen — Kugellager und Freilauf — Übertragung — Das Kleinmotorrad — Verwendung in der Wehrmacht — Volkswirtschaftliche Bedeutung des Fahrrades — Radwege

Alle Rechte vorbehalten — Printed in Germany

Triasdruck GmbH, Berlin SW 68

Zeit und Zeitmessen

Von Dr. *Werner Uhink*, Potsdam *)

Zur Einführung

Das Thema „Zeitmessen" wird in der vorliegenden kleinen Schrift vom Standpunkt des Astronomen behandelt. Deshalb werden die astronomischen Grundlagen soweit besprochen, als es zum Verständnis der Schwierigkeiten einer genauen Erklärung der Zeiteinheit nötig erschien. Als Methode der astronomischen Zeitbestimmung wird nur die zuverlässigste, die Beobachtung von Meridiandurchgängen, angegeben. Die instrumentelle Zeitmessung mit Hilfe von Uhren und ihre Gangüberwachung wird besonders für die Quarzuhren als den gegenwärtig genauesten Instrumenten dieser Art geschildert. An je einem Beispiel wird die Anwendung feinster Zeitmessungen für die Praxis und für die reine Forschung belegt. — Für die Anfertigung der Zeichnungen für die Abbildungen 10 und 11 hat der Verfasser der Firma Cl. Riefler zu danken. — Die Schrift hat ihren Zweck erfüllt, wenn es für das etwas abseits liegende Gebiet der Zeitmessung gelungen ist zu zeigen, daß auch hier enge Fühlung zwischen Wissenschaft und Leben besteht.

Einleitung. Die physikalischen Maßeinheiten. Chronologie und Kalender

Das absolute physikalische Maßsystem führt alle meßbaren Größen auf die Grundbegriffe Länge, Masse und Zeit zurück. So ist z. B. die Geschwindigkeit die in der Zeiteinheit zurückgelegte Strecke oder die lebendige Kraft gleich dem halben Produkt aus der bewegten Masse und dem Quadrat ihrer Geschwindigkeit. Andere physikalische Größen, besonders die elektrischen und magnetischen Einheiten, stehen in wesentlich komplizierterem Zusammenhang mit den drei erwähnten Grundbegriffen. In früheren Zeiten herrschte in bezug auf die Einheiten der Grundbegriffe in den verschiedenen Ländern die größte Verwirrung. Man braucht sich nur zu erinnern, daß jedes Land, ja fast jede größere Stadt in Deutschland unter der Längeneinheit „ein Fuß" etwas anderes verstand. Mit der Masseneinheit stand es nicht besser. Man hat daher danach gestrebt in internationaler Übereinkunft als

*) Der Verfasser ist Observator am Geodätischen Institut in Potsdam. Veröffentlichungen von ihm über Fragen, die in Zusammenhang mit dem hier behandelten Stoff stehen, sind in den „Astronomischen Nachrichten", „Zeitschrift für Geophysik", „Die Sterne", „Zeitschrift für Vermessungswesen" und in der „Schriftenreihe der Gesellschaft für Zeitmeßkunde und Uhrentechnik" erschienen.

Normale solche Einheiten zu schaffen, die in einem natürlichen Zusammenhang mit der uns umgebenden Natur stehen und deshalb, wenigstens theoretisch, stets nachgeprüft werden können. So entstand als Längeneinheit das Meter als der 10 000 000 te Teil des Erdmeridian-Quadranten und das Kilogramm als die Masse eines Kubikdezimeters destillierten Wassers bei einer Temperatur von $+4°$C. Offensichtlich ist es nicht sehr leicht, diese noch nicht einmal völlig strengen Definitionen bei der Nachprüfung genau zu erfüllen. Deshalb hat man schließlich als Maßeinheiten nicht mehr die den Definitionen entsprechenden Größen gewählt, sondern wirklich vorhandene Urmaße, die als Urmeter und Urkilogramm in Paris aufbewahrt werden und die der definitionsmäßigen Einheit sehr nahe kommen. Bei der Zeiteinheit ist es nun in ähnlich einfacher Weise nicht möglich ein Prototyp zu schaffen. Es liegt dies an dem transzendenten Charakter des Zeitbegriffes. Während die Länge und die Masse etwas Unveränderliches darstellen, kann die Zeit überhaupt nur durch Veränderungen in Erscheinung treten. Subjektiv merken wir den Ablauf der Zeit daran, daß wir uns selbst verändern, daß wir älter werden. Als Maß der Zeit kann jede Veränderung benutzt werden, von der angenommen werden darf, sie erfolgte gleichmäßig. Da der Begriff der Gleichmäßigkeit einer Veränderung den Zeitbegriff schon mitenthält, empfinden wir bereits jetzt deutlich, welche erhebliche Schwierigkeiten bei der Definition des Zeitbegriffes und der Zeiteinheit auftreten müssen.

Das Zeitempfinden der Völker des Altertums war naturgemäß weit weniger ausgebildet als in unserem Zeitalter der Technik und des Verkehrs. Vielfach mag es genügt haben Zeitangaben in roher Form nach dem Stande der Sonne, des Mondes oder der Gestirne zu machen. Auf kürzere Zeiten, etwa eine Viertelstunde oder weniger ist es bis zum Beginn des Mittelalters wohl selten angekommen. Dagegen hat man längere Zeitspannen, Tage, Monate, Jahre, ein Lebensalter sicher genau so empfunden wie wir heute. Deshalb ist bei allen alten Kulturvölkern ein planmäßiges Zusammenfassen längerer Zeiträume, also ein Kalender entstanden, ja die Richtigkeit des Kalenders — in unserem heutigen Sinne — kann geradezu als ein Maß für die Kultur des Volkes angesehen werden. Der Wechsel von Tag und Nacht und der Wechsel der Jahreszeiten ist im Leben des Menschen und für die gesamte Natur so einschneidend, daß sich von selbst die Zeiteinteilung nach diesen naturgegebenen Maßen richten muß. Das unbequeme Fortzählen der Tage hat dazu geführt, als Zwischeneinheit den Monat einzuführen, dessen Dauer ebenfalls sehr sinnfällig durch den Lauf und die Lichtgestalten des Mondes bestimmt wird. Die Jahre wurden gruppenweise zu Lustren, Olympiaden, Aeren und dergleichen zusammengefaßt und so ihre Zählung erleichtert. Es soll aber hier nicht unsere Aufgabe sein das Kalenderwesen und die Chronologie zu behandeln, sondern wir

wollen uns mit der eigentlichen Zeitmessung befassen. Hierbei wollen wir uns noch auf Zeiträume beschränken, die nach oben etwa durch die Dauer eines Jahres, nach unten durch den tausendsten Teil einer Sekunde begrenzt seien. Jedoch soll im besonderen die rein physikalische Kurzzeitmessung und die Zeitmessung im Sport nicht behandelt werden.

I. Die Zeiteinheiten

a) Wahrer und mittlerer Sonnentag

Eine Zeitmessung kann nur mit Hilfe astronomischer Kenntnisse und Beobachtungen durchgeführt werden, wenn man auf die Grundlagen für die Zeiteinheit, den Tag, zurückgeht. Diese Zeiteinheit ist gleichbedeutend mit der einmaligen Umdrehung der Erde um ihre Achse. Die Erddrehung bringt ja gerade die scheinbare Bewegung der Gestirne, also auch Auf- und Untergang der Sonne und damit den Wechsel von Tag und Nacht hervor. Wir wollen hier die Kenntnis vorweg nehmen, daß auf Grund theoretischer Betrachtungen die Erdumdrehung als außerordentlich gleichmäßig angesehen werden kann. Sie eignet sich auch aus diesem Grunde hervorragend als Zeitmaß. Wie sollen wir nun aber entscheiden, wann eine Umdrehung vollendet ist? Schon mit den primitivsten Hilfsmitteln hat man bei allen Völkern feststellen können, daß die Dauer der Tageshelligkeit und die der Dunkelheit ganz erheblich verschieden sein können. Wohl aber ist Tag und Nacht zusammen stets etwa von gleicher Dauer. Man kann also als Tageslänge die Zeitdauer definieren, die zwischen zwei aufeinander folgenden Tagesmitten oder Nachtmitten liegt. Unter Tagesmitte soll dabei der Zeitpunkt verstanden werden, in dem die Mitte der Sonne genau im Meridian des Beobachtungsortes steht. Der Meridian ist bekanntlich diejenige Ebene, welche die Himmelspole und das Zenit enthält. Diese Ebene schneidet den Horizont im Nord- und Südpunkt und deshalb kann man auch als Tagesmitte oder Mittag den Zeitpunkt verstehen, in dem die Sonne im Süden (bzw. auf der südlichen Halbkugel im Norden) steht und dort ihren höchsten Stand über dem Horizont erreicht. Die so definierte Tageslänge nennen wir einen w a h r e n S o n n e n t a g. Alle Sonnenuhren zeigten uns die Zeit als Unterteile des wahren Sonnentages an. Diese Zeiteinheit ist aber nicht konstant, sondern von Tag zu Tag veränderlich. Wir wollen uns klarzumachen versuchen, wodurch diese Veränderlichkeit hervorgerufen wird. Dazu müssen wir uns einige astronomische Tatsachen ins Gedächtnis rufen. Die Erde bewegt sich um die Sonne in einer elliptischen Bahn, wobei die Sonne in dem einen Brennpunkt der Ellipse steht (1. Keplersches Gesetz). Die Geschwindigkeit der Erde in ihrer Bahn ist in Sonnennähe, im Winter, größer als in Sonnenferne, im Sommer (2. Keplersches Gesetz). Da sich nun die Erde, wie wir wissen, gleich-

mäßig dreht, so scheint sich die Sonne im Winter langsamer um die Erde zu drehen als im Sommer, d. h. die wahren Sonnentage sind — aus diesem ersten Grunde — im Winter länger als im Sommer. Bild 1 veranschaulicht das Gesagte deutlich, indem wir sehen, daß das Winkelmaß der Drehung bis zu derselben Stellung der Sonne im Winter größer ist als im Sommer. — Weiterhin beachten wir die Not-

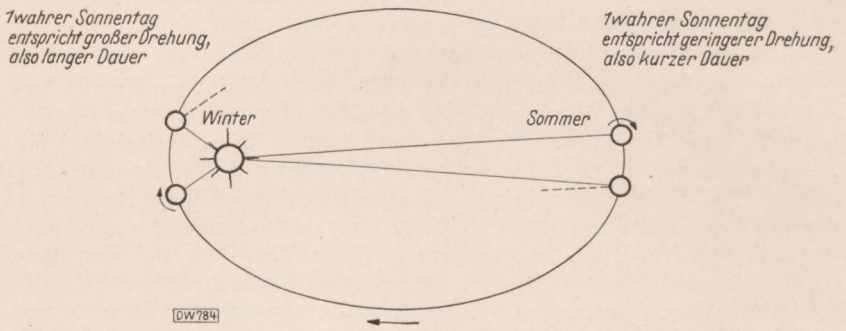


Bild 1.

wendigkeit, die Erddrehung durch einen im Äquator zu zählenden Winkel zu messen, weil die Drehungsachse zum Äquator senkrecht steht. Die Sonne bewegt sich aber nicht im Äquator, sondern in der Ekliptik (von griech. ekleipsis = Finsternis, also Linie, in der allein die Sonnen- und Mondfinsternisse stattfinden können), der scheinbaren Sonnenbahn, die nichts anderes ist, als die Ebene der Erdbahn um die Sonne. Die Ekliptik ist aber etwa $23\frac{1}{2}°$ gegen die Äquatorebene geneigt (Schiefe der Ekliptik). Selbst wenn sich die Sonne gleichmäßig in der Ekliptik bewegte, oder was dasselbe ist, selbst wenn die Erdbahn ein Kreis wäre mit der Sonne im Mittelpunkt, so wären doch die wahren Sonnentage nicht gleich lang, weil die von dem Pol auf den Äquator projizierten gleichmäßigen Abschnitte der Ekliptik auf dem Äquator nicht mehr gleiche Länge haben. In Bild 2 ist A und E Äquator und Ekliptik mit ihren Polen P_a und P_e. Im Frühjahr, wenn die Sonne S in der Nähe des Schnittpunktes F_r beider Ebenen steht, der deshalb als Frühlingspunkt bezeichnet wird, wird das auf der Ekliptik zurückgelegte Stück F_rS durch Projektion auf den Äquator zu dem Bogen F_rS_a verkleinert, wir haben also verhältnismäßig kurze Dauer des wahren Sonnentages; umgekehrt wird im Sommer, wenn die Sonne weit oberhalb des Äquators steht, der Bogen S_oS auf der Ekliptik, Bild 2b, durch Projektion auf A in den größeren Bogen $S_o'S_a$ verwandelt. Wir haben also im Sommer längere wahre Sonnentage. Ebenso sind im Herbst die wahren Sonnentage kurz und im Winter wieder lang. Die beiden Effekte, nämlich die ungleich-

förmige Bewegung der Erde in ihrer elliptischen Bahn und die schiefe Lage der Ekliptik zum Äquator überlagern sich in ihrer Wirkung auf die Dauer des wahren Sonnentages, der sich wegen der geschilderten Ungleichmäßigkeit nicht als Zeiteinheit eignet. Man erkennt jedoch gleichzeitig, wie man eine gleichmäßige Tageslänge definieren kann.

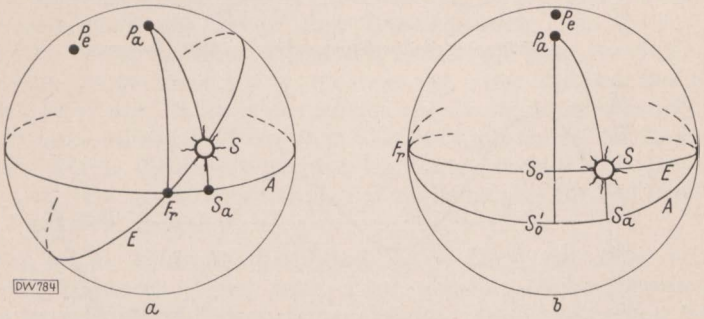


Bild 2. Einfluß der Schiefe der Ekliptik auf die Dauer des wahren Sonnentages a) im Frühjahr, b) im Sommer

Hierzu denken wir uns eine „erste mittlere Sonne", die sich in der Ekliptik gleichförmig bewegt, und die im Moment des kürzesten Abstandes zwischen Erde und Sonne mit der wahren Sonne zusammenfällt. Weiter denken wir uns eine „zweite mittlere Sonne", die sich im Äquator gleichmäßig bewegt und die mit der ersten mittleren Sonne gleichzeitig im Frühlingspunkt F_r ist. Das bedeutet also, daß beide mittleren Sonnen und die wahre Sonne dieselbe Jahreslänge liefern sollen. Die mit der zweiten mittleren Sonne gemessene mittlere Tageslänge, die nun vollständig konstant ist, wird als ein mittlerer Sonnentag und die in dieser Einheit gezählte Zeit als mittlere Sonnenzeit oder kurz mittlere Zeit bezeichnet.

b) Dauer des wahren Sonnentages. Zeitgleichung

In Bild 3a ist dargestellt, um wieviel sich die Dauer eines wahren Sonnentages vom mittleren Tag unterscheidet. Etwa am 28. März und am 18. September ist er um 18,5 bzw. 21,5 sek. kürzer und am 22. Juni und 22. Dezember ist er 13,0 bzw. 30,0 sek. länger als der mittlere Sonnentag. Das scheint zunächst nicht allzu viel zu sein. Wenn wir aber bedenken, daß die zu große oder zu kleine Dauer des wahren Sonnentages mehrere Wochen lang bestehen bleibt, dann entstehen durch fortgesetzte Summierung der täglichen kleinen Fehler sehr erhebliche Unterschiede für die Zeitangaben desselben Momentes in

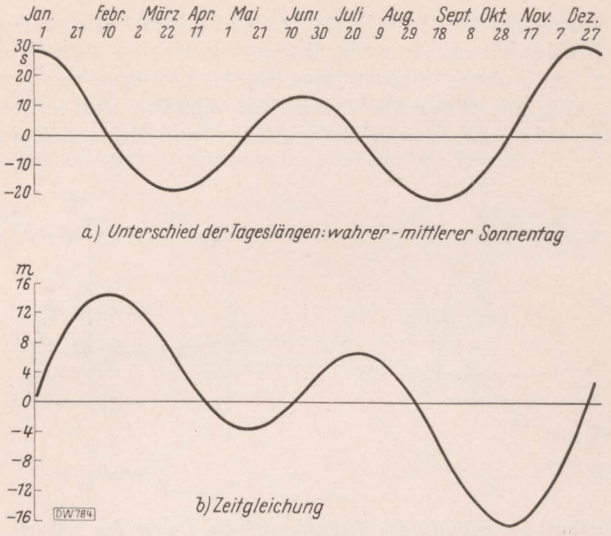


Bild 3.

wahrer und in mittlerer Sonnenzeit. Dieser Unterschied wird die Zeitgleichung genannt. Sie ist in Bild 3b in dem Sinne dargestellt, daß sie zu Zeitangaben in wahrer Sonnenzeit hinzuzufügen ist, um mittlere Zeit zu erhalten. Bei der in der Abbildung möglichen Genauigkeit der Zeichnung können die Werte für viele Jahre als richtig angenommen werden. (Der Kenner bemerkt natürlich sofort den Zusammenhang zwischen den beiden Kurven: die erste ist die Darstellung des Differentialquotienten der zweiten.) Die Zeitgleichung überschreitet Werte von einer Viertelstunde, d. h. um diesen Betrag können Sonnenuhren gegenüber der mittleren (Orts-)Zeit falsch anzeigen. Daß die Zeitgleichung im Jahresverlauf im wesentlichen eine doppelte Welle darstellt, zeigt nach den Erläuterungen zu den Abbildungen 1 und 2 den überwiegenden Einfluß der Schiefe der Ekliptik gegenüber dem der elliptischen Erdbewegung.

c) Der Sterntag. Präzession und Nutation

Wir haben zwar jetzt eine gleichmäßige Zeiteinheit definiert, aber zu sehr genauen Messungen ist auch sie noch nicht geeignet. Einmal liegt das daran, daß sie unmittelbar überhaupt nicht beobachtet werden kann, weil die „mittlere" Sonne eben nur fingiert ist. Die Zeiteinheit müßte vielmehr mit Hilfe der Zeitgleichung aus Beobachtungen der wirklichen, der wahren Sonne berechnet werden. Sonnenbeobachtun-

gen für die Zwecke der Zeitmessung sind aber nicht besonders genau, weil die allein für die Messungen in Betracht kommenden Sonnenränder niemals ruhige Objekte sind. Durch die Erwärmung der durchstrahlten Luft scheinen sie ständig in wallender Bewegung zu sein. Aber das ist es nicht allein, weshalb man noch eine andere Zeiteinheit gewählt hat. Wir sahen in Bild 1, daß einem wahren Sonnentag mehr als eine Erdumdrehung von 360° entspricht. Wir könnten nun als eine neue Zeiteinheit die Dauer der Erdumdrehung von genau 360° definieren. Dabei entsteht wieder die Frage, wie man feststellen soll, wenn eine ganze Umdrehung vollendet ist. Der Anblick des Sternhimmels lehrt uns, daß die Sternbilder, die Fixsterne zu einander stets dieselbe Lage behalten. Wenn man also die Umdrehung der Erde nicht nach der Sonne, sondern nach den Fixsternen bemißt, so wird die so bestimmte Dauer einer Umdrehung jedenfalls nahezu für den Drehungswinkel von 360° gelten.

Aber schon frühzeitig (*Hipparch* 150 v. Chr.) hat man erkannt, daß die Fixsterne selbst eine allen gemeinsame außerordentlich langsame scheinbare Bewegung ausführen. Diese Bewegung kommt dadurch zustande, daß, wie wir schon früher gesehen haben, die Erdachse nicht senkrecht auf ihrer Bahn steht, daß also Äquator und Ekliptik einen Winkel von etwa 23½° miteinander bilden. Die sich wie ein Kreisel drehende Erde ist an den Polen abgeplattet, sie ist ein Rotationsellipsoid, ein Körper, den man sich als eine Kugel mit einem um den Äquator gelagerten Wulst vorstellen kann, dessen Dicke bis zu den Polen auf Null abnimmt. Die Sonne strebt nun diesen Wulst durch ihre Anziehungskraft in die Ebene der Erdbahn, in die Ekliptik zu ziehen, d. h. die Erdachse senkrecht zur Ekliptik zu stellen. Der Erdkreisel widersetzt sich diesem Bestreben genau so wie ein Spielzeugkreisel sich den auf ihn ausgeübten Kräften widersetzt, er weicht senkrecht zur Kraftrichtung aus. Die Erdachse wird also nicht aufgerichtet oder senkrecht zur Ekliptik gestellt, sondern sie dreht sich, wie ein schwankender Kreisel um die zur Ekliptik senkrechte Richtung herum. Diese Bewegung nennt man die Präzession. Der Frühlingspunkt F_r, Bild 2, schreitet deshalb auf der Ekliptik und auf dem Äquator fort und zwar würde ein ganzer Umlauf 26 000 Jahre dauern. Aber nicht nur die Sonne, sondern auch der Mond wirkt ganz ebenso auf den Äquatorwulst und verursacht Schwankungen der Erdachse, die sich der von der Sonne erzeugten Präzessionsbewegung überlagern, und deren sich in kürzeren Zeiträumen wiederholende kleinere Bewegungen als Nutation bezeichnet werden. Alle diese und noch andere geringfügige Einflüsse auf die Bewegung der Erdachse bewirken entsprechende scheinbare Bewegungen der Fixsterne, die sich deshalb auch nicht ohne weiteres dazu eignen, die Dauer einer Erdumdrehung zu bestimmen. Am besten könnte hierzu der Frühlingspunkt F_r dienen.

Seine Bewegung ist infolge der Präzession und Nutation zwar auch nicht gleichförmig, aber bis vor wenigen Jahrzehnten hat man sich trotzdem damit begnügen können als einen „Sterntag" die Zeitdauer zu definieren, die zwischen zwei Meridiandurchgängen des Frühlingspunktes liegt. Die Ungleichmäßigkeit der so definierten Zeiteinheit erschien klein genug, um sie unberücksichtigt lassen zu können. In letzter Zeit ist man jedoch dazu übergegangen, als wirklich gleichmäßigen „mittleren Sterntag" die Zeit zu definieren, die zwischen zwei Meridiandurchgängen des Frühlingspunktes liegt, wenn man seine Bewegung von den periodischen Teilen befreit und nur den gleichförmigen Teil der Präzession berücksichtigt. Diese Definition bewirkt, daß eine Umdrehung um genau 360° etwas länger dauert, nämlich 0,008 sek, als ein mittlerer Sterntag.

Unsere Betrachtungen dürften gezeigt haben, welche Schwierigkeiten einer exakten Definition der Zeiteinheit anhaften. Dabei haben wir uns nur auf die gröbsten Züge dieser Komplikationen beschränkt. Aber mit der Definition allein ist für die Praxis noch nichts gewonnen, denn man kann natürlich den Punkt F_r überhaupt nicht praktisch beobachten, man muß vielmehr doch auf die Beobachtung der wirklichen Sterne zurückgreifen. Es ist die Aufgabe der theoretischen und praktischen Astronomie diejenigen Verbesserungen anzugeben, die an die Beobachtungen der Fixsterne angebracht werden müssen, um solche Werte zu erhalten, die sich bei gleichförmiger Bewegung des Frühlingspunktes ergeben hätten. Auf diese „Reduktion" der Beobachtungen soll aber nicht näher eingegangen werden, es muß genügen in großen Zügen gezeigt zu haben, daß ohne weiteres auch die Fixsterne noch nicht zu genauesten Zeitmessungen dienen können.

d) Die Beziehung zwischen den Zeiteinheiten

Wir müssen jetzt noch die Beziehungen zwischen den beiden Zeiteinheiten, dem mittleren Sonnentag und dem mittleren Sterntag angeben. Denn nur die letzte Einheit und die aus ihr gefolgerten Zeitangaben werden wirklich durch die Beobachtung gewonnen, während die im täglichen Leben benutzte mittlere Zeit stets errechnet wird. Bei Betrachtung von Bild 1 erkennen wir, daß sich in einem Jahre die Erde in bezug auf die Sonne genau einmal weniger gedreht hat als gegenüber den Sternen, daß also das Jahr genau einen Sonnentag weniger enthält als Sterntage. Nun ist die Jahreslänge gleich 365¼ mittleren Sonnentagen und ebenso gleich 366¼ mittleren Sterntagen. Daraus ergibt sich:

1 Sterntag = 24 Stunden Sternzeit = 23 h 56 min 4,09 sek. mittl. Zeit.

Mit dieser Verhältniszahl kann man leicht Zeiträume, die in der einen Einheit gegeben sind, in solche der anderen umrechnen.

II. Der Nullpunkt der Zeitzählung

a) Der Nullpunkt für die mittlere und die bürgerliche Zeit

Bisher haben wir fast ausschließlich von Zeitintervallen, im besonderen von der Länge der Zeiteinheiten gesprochen, ohne auf den Nullpunkt der Zeitzählung einzugehen. Der Nullpunkt der Zählung nach mittlerer Sonnenzeit ist für jeden Ort auf der Erde der Moment des „unteren" Meridiandurchganges der fingierten mittleren Sonne, also etwa Mitternacht. Weil dieser Anfangspunkt der Zählung für jeden Ort ein anderer ist, spricht man dann von mittlerer Ortszeit. Insbesondere bezeichnet man die Zeitzählung, die für den durch die Sternwarte in Greenwich gehenden Nullmeridian gilt, als Weltzeit. Für das bürgerliche Leben kann man heute nicht mehr, wie noch vor wenigen Jahrzehnten, für jeden Ort einen besonderen Nullpunkt der Zählung nach mittlerer Sonnenzeit gebrauchen, man hat vielmehr die jeweils für größere Ländergruppen geltenden Zonenzeiten eingeführt. Wie die Weltzeit der mittleren Orts-(Sonnen-)Zeit für den Nullmeridian entspricht, so gelten die Zonenzeiten als mittlere Ortszeiten für die Meridiane 15°, 30°, 45° ... östlich und westlich von Greenwich. Da sich 360° und 24 h entsprechen, sind die Nullpunkte der Zeitzählung von Zone zu Zone immer genau um eine Stunde verschoben. In Deutschland und anderen dem 15°-Meridian östlich von Greenwich benachbart liegenden Ländern gilt als bürgerliche Zeit die Mitteleuropäische Zeit, die der Weltzeit um 1 h voraus ist.

b) Der Nullpunkt für die Sternzeit

Zum Verständnis der Zählung nach Sternzeit diene folgendes. Ähnlich, wie man auf der Erde eine Einteilung nach Längengraden, gezählt vom Nullmeridian durch die Sternwarte in Greenwich, eingeführt hat, denkt man sich die Himmelskugel in „Stundenkreise" geteilt, die sich alle im Nord- und Südpol des Himmels schneiden. Der Stundenkreis durch den Frühlingspunkt soll der Nullkreis sein. Der Winkel zwischen dem durch irgend ein Gestirn gelegten Stundenkreis und dem Nullkreis des Frühlingspunktes wird die Rektaszension des Gestirnes genannt. Infolge der Erdrotation dreht sich scheinbar der Stundenkreis um die Erdachse, und wenn das Gestirn und damit sein Stundenkreis mit dem Ortsmeridian zusammenfällt, sagen wir, es habe den Stundenwinkel Null. Der Stundenwinkel durchläuft also in einem Tage alle Werte von 0 h bis 24 h. Als Anfangspunkt der Sternzeitzählung gilt der Augenblick, in dem der Stundenwinkel des Frühlingspunktes gleich Null ist, d. h. wenn F_γ im Meridian steht. Da nun F_γ am Himmel nicht markiert ist, muß man an seiner Stelle zur Zeitmessung und Zeitzählung auf ein Gestirn zurückgreifen. Benutzt man einen Stern, dessen Rektaszension $\alpha = 3$ h ist, so bedeutet dies, daß der

Stern 3 Sternzeitstunden später durch den Meridian geht als der Frühlingspunkt. Umgekehrt entspricht dem Moment seines Meridiandurchganges dem Zeitpunkt: 3 Uhr Sternzeit. In den Sternkatalogen sind nun die Rektaszensionen von mehreren Hundert sogenannter Fundamentalsterne angegeben, die sich aus den Messungen der letzten 100 bis 150 Jahre allmählich immer genauer ergeben haben. Wenn man also den Zeitpunkt des Meridiandurchganges eines solchen Fundamentalsternes beobachtet, dann erhält man sofort nach den nötigen Reduktionen die Sternzeit dieses Momentes.

III. Die Zeitmessung

a) Die astronomische Zeitbestimmung

1. Instrument und Methode

Die Meridiandurchgänge von Fixsternen sind in der Praxis der Zeitmessung die am leichtesten und sichersten feststellbaren Zeitmomente. Die Genauigkeit ist erheblich größer als bei Beobachtung der Sonne, weil die Sterne auch in den stärksten Fernrohren immer noch als scharf einstellbare Punkte erscheinen. Auch die Luftunruhe ist nachts meist geringer als es bei Tage infolge der Erwärmung durch die Sonne

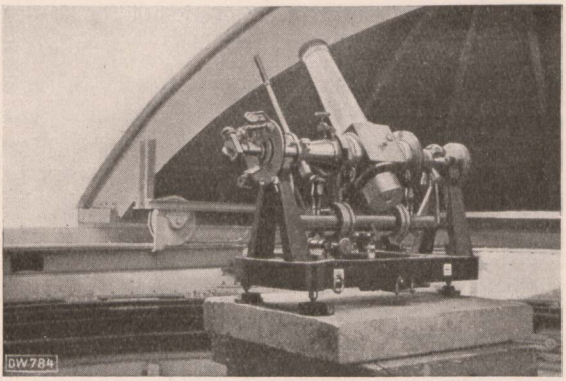


Bild 4. Durchgangsinstrument zur Ausführung von Zeitbestimmungen

der Fall ist. — Für die Beobachtung von Meridiandurchgängen hat man besondere Instrumente, die Durchgangsinstrumente, gebaut. Bild 4 zeigt ein solches Instrument, wie es für den laufenden Zeitdienst des Geodätischen Institutes in Potsdam benutzt wird. Es besteht im Prinzip aus einem Fernrohr, im Falle der Abbildung aus einem zum Zwecke bequemerer Beobachtung rechtwinklig gebrochenen Fernrohr, das sich

um eine horizontale von Ost nach West gerichtete Achse drehen kann, die selbst wieder senkrecht auf der optischen Achse des Fernrohres steht. Es ist klar, daß in diesem Falle die optische Achse des Fernrohres bei Drehung um die horizontale Achse die Meridianebene beschreibt. Man braucht also nur die optische Achse irgendwie im Gesichtsfeld zu markieren, um die Meridiandurchgänge beobachten und die Durchgangszeiten an einer Uhr feststellen zu können. In der Praxis ist es jedoch nicht ganz so einfach. In Wirklichkeit werden die drei genannten Bedingungen nicht völlig streng erfüllt sein: die optische Achse wird nicht genau senkrecht auf der Umdrehungsachse stehen, diese selbst wird weder genau horizontal liegen noch genau von Ost nach West zeigen. Man kann jedoch diese Instrumental- und Aufstellungsfehler sehr scharf bestimmen und die Beobachtungen entsprechend verbessern. Hierauf sei jedoch nur kurz hingewiesen. — Der Meridian wird im Gesichtsfeld des Fernrohres durch einen möglichst feinen Spinnefaden markiert und außerdem sind noch rechts und links Fäden in genau bekannten Abständen angebracht, um durch Häufung der Messungen die Sicherheit zu steigern. Es handelt sich nun darum die Momente des scheinbaren Zusammenfallens von Faden und Stern, der infolge der Erddrehung durch das Gesichtsfeld wandert, an einer Uhr festzustellen. Dies kann in verschiedener Weise geschehen. Man zählt z. B. die Sekundenschläge der Uhr und schätzt gleichzeitig die Stellung des Sternes zu den Fäden ein. Man kann etwa auf ein Zehntel Sekunde beurteilen, wann der Stern die einzelnen Fäden überschritten hat (Auge — Ohr — Methode). Etwas genauer ist es, wenn man beim Zusammenfallen von Stern und Faden ein elektrisches Signal mit einem Taster gibt, während gleichzeitig die Uhr automatisch Sekundenkontakte auf einem abrollenden Papierstreifen liefert (Auge — Hand — Methode). Beide Verfahren haben heute nur noch untergeordnete Bedeutung, weil man festgestellt hat, daß die Auffassung der Gleichzeitigkeit von Stern- und Fadenberührung bei verschiedenen Beobachtern bis zu zwei Zehntel Sekunden verschieden sein kann und daß diese sogenannte „persönliche Gleichung" noch dazu bei jedem Beobachter veränderlich ist. Man kam zu der Ansicht, die persönliche Gleichung würde verschwinden, wenn der bewegte Stern mit einem scheinbar gleichschnell bewegten Faden eingestellt und verfolgt würde, so daß relative Bewegungslosigkeit zwischen Stern und Faden herrscht. Während man den Faden durch zweihändiges Drehen und Umgreifen an einer Schraube mit zwei Handgriffen möglichst genau mit dem Stern mitführt, gibt eine sich mitdrehende Kontakttrommel selbsttätig Signale auf demselben Papierstreifen, der die Sekundenkontakte der Uhr enthält. Tatsächlich hat dieses „unpersönliche", oder selbstregistrierende Mikrometer nach *Repsold* die persön-

liche Gleichung zwischen verschiedenen Beobachtern auf etwa 0,03 sek und weniger herabgedrückt. Diese noch vorhandenen Reste und ihre Veränderung sind heute ein eifrig behandeltes Problem der Zeitdienstastronomie. Um sie noch weiter zu verringern oder ganz zu beseitigen, müßte man wohl auch den menschlichen Beobachter völlig ausschalten. Dies ist mit Hilfe der Photographie und mit lichtelektrischer Registrierung der Sterndurchgänge, aber bisher nicht mit genügendem Erfolg, versucht worden.

2. Genauigkeit von Zeitbestimmungen. Zweck der Uhren

Bei einer vollständigen Zeitbestimmung beobachtet man nicht nur einen, sondern etwa acht bis zehn Fundamentalsterne und nimmt als Ergebnis das Mittel aus den Einzelresultaten. Die Dauer einer solchen Messungsreihe beträgt ungefähr eine bis anderthalb Stunden. Die heute erreichbare Genauigkeit ist mit etwas weniger als 0,02 sek zu veranschlagen. Im wesentlichen sind es die störenden Einflüsse der Atmosphäre und die in den Katalogen noch vorhandenen Restfehler, die einer weiteren Steigerung der Präzision entgegenstehen. Immerhin kann man auf Grund einer einzigen Zeitbestimmung bis auf $^1/_{50}$ sek richtig angeben, wieviel die benutzte Uhr gegenüber der wirklich richtigen Zeit falsch zeigt. Man nennt die Größe, die man zur Uhrangabe hinzufügen muß, um die fehlerfreie Zeit zu erhalten, den „Uhrstand". Naturgemäß kann man nur bei klarem Wetter Zeit- oder Uhrstandbestimmungen durchführen. Zwischen zwei Uhrstandbestimmungen dient die Uhr der Zeithaltung, d. h. in der Zwischenzeit soll uns die Uhr die jeweils richtige Zeit anzeigen, oder uns wenigstens die Möglichkeit geben sie zu berechnen. Wir erkennen damit als den eigentlichen Hauptzweck der Uhren, das Zeitintervall zwischen zwei Zeitbestimmungen gleichmäßig zu unterteilen. Man wird dabei bestrebt sein die Unterteilung auch möglichst richtig zu erhalten. Eine Sternzeituhr soll also einen Sterntag in 24 h zu je 60 min, und diese wieder zu je 60 sek einteilen, so daß alle Sekunden einander völlig gleich sind. Das wird natürlich niemals absolut genau möglich sein. Es genügt aber auch, wenn die Uhrsekunden zwar alle gleich lang sind, aber dem Sollmaß doch nicht exakt entsprechen. Sind die Sekunden z. B. etwas zu kurz, so sagen wir: die Uhr geht vor. Wenn sie nur jeden Tag gleichviel vorgeht, so kann man leicht durch einfachste Rechnung diesen „Gang der Uhr" berücksichtigen. Ist aber das tägliche Vorgehen oder allgemeiner der tägliche Uhrgang von Tag zu Tag verschieden, dann kann man nicht mehr die Zeit mit der Uhr richtig „halten", ja man kann noch nicht einmal den wahren Wert für einen Zeitpunkt zwischen zwei Zeitbestimmungen ermitteln. Wir verlangen also von Uhren höchster Präzision unveränderliche Gänge.

b) Die instrumentelle Zeitmessung mit Uhren

1. Prinzipien und Entwicklung von Pendeluhr und Chronometer

Wir haben schon früher erwähnt, daß jeder Bewegungsvorgang zur Zeitmessung verwendet werden kann, sofern er nur gleichmäßig erfolgt. Schon die Wasseruhren der Alten beruhten auf diesem Gedanken. Man ließ aus einem Gefäß durch eine kleine Öffnung langsam Wasser ausfließen und benutzte die ausgeflossene Wassermenge oder die gleichmäßige Senkungsbewegung der Oberfläche als Maß der verflossenen Zeit. Es dauerte viele Jahrhunderte bis man erkannte, daß sich an Stelle der gleichförmigen Bewegung die sich immer wiederholende Schwingungsbewegung viel besser zur Zeitmessung eignet. *Galilei* hatte etwa 1585 bei Betrachtung eines in Schwingungen geratenen Leuchters im Dom zu Pisa das Gesetz gefunden, daß die Schwingungen eines Pendels von gleichbleibender Dauer sind. In der folgenden Zeit hat man dann auch das Pendel als Zeitmesser für kurze Zeitspannen benutzt, indem man einfach die Anzahl der Schwingungen zählte. Aber erst *Huygens* verband 1657 das Pendel mit einem Räderwerk, das die fortlaufende Zählung der Schwingungen übernahm. Er schuf damit die Pendeluhren. Unabhängig erfand er auch als Regulator für tragbare Uhren 1675 die Unruhe, eine durch ein Schwungrädchen beschwerte Spiralfeder, deren Schwingungsdauer ebenfalls stets fast unverändert bleibt. Diese Regulatoren, die Unruhe und das Pendel, würden aber sehr bald infolge der Reibung ihre Schwingungen einstellen, wenn sie nicht in den Uhren immer wieder von Neuem kleine Anstöße erhielten, welche die Schwingungen aufrecht erhalten. Die nötige Kraft für diese Anstöße liefert das Aufzugsgewicht bzw. die Aufzugsfeder, während die sogenannte Hemmung dafür zu sorgen hat, daß die Anstöße in der richtigen Stärke und im richtigen Moment erfolgen. Es ist klar, daß ein so feiner Meßapparat, wie es eine Präzisionsuhr ist, nur dann Höchstleistungen aufweist, wenn er in jeder Beziehung unbeeinflußt von äußeren Einwirkungen arbeiten kann. Die theoretisch bei Pendel und Unruhe erreichbare Gleichförmigkeit der Schwingungszeit gilt nur bei immer gleichbleibenden äußeren Umständen. Bei Erhöhung der Temperatur z. B. dehnt sich das Pendel aus und die Schwingungszeit wird länger, bei wachsendem Luftdruck wird ebenfalls die Schwingungszeit größer, auch die Elastizität der Unruhefeder wird von der Temperatur beeinflußt. Weiterhin bleibt die Reibung im Räderwerk auf die Dauer nicht konstant, da sich das Öl allmählich verändert und anderes mehr. Man hat zur Beseitigung dieser Einflüsse mit Erfolg versucht Kompensationseinrichtungen zu bauen. Am bekanntesten ist wohl das Rostpendel von *Harrison* (1726), bei dem die verschiedene Wärmeausdehnung zweier Metalle dazu benutzt wird, um die Pendellänge bei Temperaturänderungen konstant zu halten. Die Metallstäbe werden dabei nach Art eines Rostes angeordnet, jedoch hat man auch Konstruktionen aus-

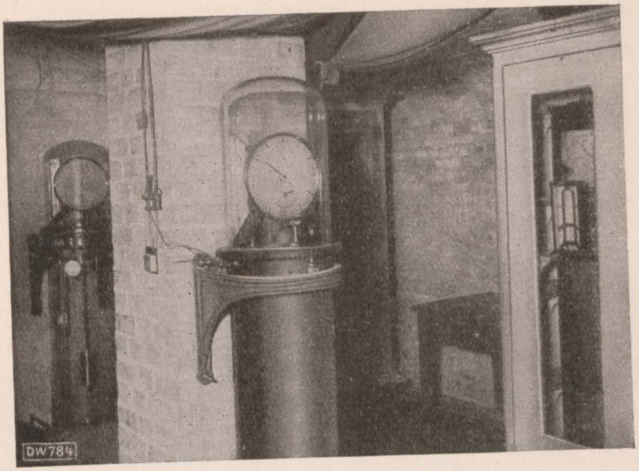


Bild 5. Luftdichte Pendeluhren von Cl. Riefler im Uhrenkeller des Geodätischen Institutes in Potsdam

geführt, bei denen die beiden verschiedenen Metalle als Rohre ineinander stecken. Derselbe Erfinder verbesserte ebenfalls durch eine Temperaturkompensation die Unruhe in Marinechronometern und gewann damit die Hälfte eines von der englischen Admiralität 1714 ausgesetzten Preises von 20 000 Pfund. Auf Sternwarten und ähnlichen Instituten kann man aber noch weiter gehen, indem man die Uhren überhaupt keinen Temperatur- und Luftdruckschwankungen aussetzt. Man bringt sie in eigens gebaute Uhrenkeller mit fast konstanter Temperatur und schließt sie außerdem in ein luftdichtes Gehäuse ein, aus dem ein Teil der Luft ausgepumpt worden ist. Solche Uhren werden dann noch elektrisch und selbsttätig aufgezogen, so daß es nur noch ganz selten nötig ist den Uhrenraum zu betreten. Bild 5 zeigt einen Teil des Uhrenkellers des Geodätischen Institutes in Potsdam. An isolierten Steinpfeilern befestigt erkennt man zwei luftdichte astronomische Uhren der Firma Cl. Riefler-München. Durch das Fernhalten von äußeren Einflüssen ist es gelungen, die Veränderungen der täglichen Uhrgänge monatelang geringer zu halten als 0,01 sek. Aber trotz aller dieser Vorsichtsmaßregeln bleibt immer noch eine Störung zurück, die man bisher nicht beseitigen konnte, nämlich die ständig vorhandene Bodenunruhe, die nicht etwa vom Verkehr in den Städten herrührt, sondern die als kleinste Erdbeben, als Mikroseismik, angesehen werden müssen. Erdbeben größeren Ausmaßes sind also erst recht unvermeidbare Störungen. So hat z. B. das belgische Erdbeben vom 11. Juni 1938 die vier Riefler-Uhren der Sternwarte zu Uccle bei Brüssel in demselben

Sinne so gestört, daß sich die Gänge im Durchschnitt um 0,026 sek pro Tag vergrößert haben. Zur Zeit sind in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Berlin Versuche im Gange, auch diese Einwirkungen durch eine besondere Aufhängungsart der ganzen Pendeluhr in einem etwa acht Meter langen sogenannten Schutzpendel sehr großer Masse zu beseitigen.

2. Neuere schwerkraftunabhängige Uhren

α) Stimmgabeluhren

Es besteht ein grundsätzlicher Unterschied zwischen den nur ortsfest verwendbaren Pendeluhren und allen übrigen: bei Pendeluhren ist es die Schwerkraft, die das Pendel schwingen läßt, bei allen anderen ist es die Elastizität des schwingenden Körpers. Bisher hat man zwar mit Sicherheit noch keine Veränderung der Schwerkraft an demselben Ort nachweisen können, wenn man von dem periodisch schwankenden, berechenbaren und auch meßbaren Einfluß der Anziehung von Sonne und Mond absieht. Dieselben Kräfte rufen bekanntlich Ebbe und Flut hervor. Da aber tatsächlich aus anderen Gründen Änderungen der Schwerkraft nach Größe und Richtung durchaus möglich sein könnten, gewinnen heute Uhren, die von der Schwerkraft unabhängig sind, immer mehr Bedeutung. Für physikalische Zeitmessung von kurzer Dauer wendet man vielfach schwingende Stimmgabeln an, deren Schwingungen gleichzeitig mit dem zu messenden Vorgang photographisch aufgezeichnet werden. In neuester Zeit hat man auch nicht ohne Erfolg versucht, die Stimmgabel als regelndes Organ für eine Uhr zu verwenden, also nicht nur für die Kurzzeitmessung. Die Schwingungen werden dann nicht mehr durch mechanische Mittel aufrecht erhalten, wie es bei der Hemmung in den vorher behandelten Uhren der Fall ist, sondern z. B. auf elektromagnetischem Wege mit Hilfe eines Selbstunterbrechers, ganz ähnlich wie er bei einer elektrischen Klingel benutzt wird. Auch bei einer Pendeluhr höchster Präzision, bei der von Professor *Schuler,* Göttingen, konstruierten Uhr ist die mechanische Hemmung durch einen elektromagnetischen Antrieb ersetzt worden. — Es ist also durchaus möglich, daß Uhren, bei denen die Elastizität die Schwingungen erzeugt, und bei denen die Antriebskraft zur Erhaltung der Schwingungen nicht auf mechanischem Wege zugeführt wird, Spitzenleistungen zeigen werden. Nun ist allerdings die Elastizität auch wieder von der Temperatur abhängig, aber es ist leicht eine verhältnismäßig kleine Stimmgabel in einem Thermostaten unterzubringen, dessen Temperatur automatisch auf etwa 0,001° bis 0,002°C konstant gehalten werden kann. Ebenso kann man für kleinen und gleichbleibenden Luftwiderstand sorgen, wenn man das schwingende und zeitregelnde Organ an einen Raum konstanten und sehr geringen Luftdruckes bringt.

Die hohe Schwingungszahl einer Stimmgabeluhr macht sie auch in höchstem Grade unabhängig von dem Einfluß der Bodenunruhe und anderen äußeren mechanischen Störungen. Die größten Erfolge im Bau von schwerkraftunabhängigen Uhren wurde jedoch mit den sogenannten Quarzuhren erzielt, mit denen wir uns etwas näher beschäftigen wollen.

β) Die Quarzuhren

Zum Verständnis der Zusammenhänge müssen wir einiges über den bei Quarzkristallen und auch bei vielen anderen Kristallen auftretenden Piëzoeffekt (Druckeffekt) sagen. Diese Erscheinung besteht darin, daß bei Druck oder Zug in bestimmten Richtungen auf der Oberfläche des Kristalles elektrische Ladungen entstehen. Geht man vom Druck zum Zug über, dann ändern die Ladungen ihr Vorzeichen. Diesem direkten Effekt entspricht der reziproke Effekt: bringt man den Kristall in ein elektrisches Feld, so bewirkt dieses Feld eine Zusammendrückung oder eine Dehnung des Kristalls. Wenn nun das elektrische Feld ein Feld wechselnder Richtung ist, so wird der Quarz abwechselnd gepreßt und gedehnt, d. h. er gerät in Schwingungen. Diese Schwingungen werden dann am größten, wenn das Tempo der elektrischen Anregung mit dem Tempo der Eigenschwingungen des Kristalls übereinstimmt (Resonanz). Man kann sich vorstellen, daß der Quarz nun wieder seinerseits infolge des direkten Piëzoeffektes dem Wechselfeld sein ihm eigenes Schwingungstempo, seine Eigenfrequenz wie man sagt, aufzuzwingen versucht, mit anderen Worten: die Quarzschwingungen „steuern" das elektrische Wechselfeld in bezug auf seine Frequenz. Der Piëzoeffekt ist den Physikern seit dem Jahre 1880 bekannt, er hat jedoch bis zum Jahre 1922 keinerlei praktische Anwendung gefunden. Seit dieser Zeit wurden piëzoelektrische Kristalle dazu benutzt, um die hochfrequenten Wechselfelder der Telegraphie- und Rundfunksender so zu steuern, daß die Wellenlänge der ausgesendeten Wellen konstant bleiben. Denn die Wellenlänge und die Schwingungszahl oder Frequenz hängen so zusammen, daß das Produkt aus Wellenlänge und Frequenz die für alle Wellen gleiche Ausbreitungsgeschwindigkeit (Lichtgeschwindigkeit = 300 000 km/sek) ergibt. Es hatte sich nämlich gezeigt, daß die Schwingungen des Quarzkristalls ganz außerordentlich konstant sind. Als man aber festzustellen hatte, welche Frequenz denn ein gegebener Quarz liefert, mußte man gerade wegen der hohen Gleichmäßigkeit der Quarzschwingungen auch sehr genaue Zeitangaben machen, denn „Frequenz" bedeutet ja die Anzahl der Schwingungen je sek. Für die Rundfunktechnik wurde es notwendig Normalfrequenzen zu schaffen, mit deren Hilfe sich jederzeit die Schwingungskreise der Rundfunksender und der Empfangsapparate prüfen und abstimmen ließen. Als man aber erst einmal die hohe Schwingungs-

konstanz von Quarzkristallen erkannt hatte, war der Schritt von der quarzgesteuerten Normalfrequenz zur Quarzuhr nicht mehr groß, er bestand eigentlich nur noch in der Herstellung gebräuchlicher und größerer Zeiteinheiten, als sie von dem viele tausendmal in der Sekunde schwingenden Quarz geliefert werden.

Eine Quarzuhr enthält als ihren wichtigsten Teil einen kleinen quarzgesteuerten Sender, der bei den in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von *Scheibe* und *Adelsberger* entwickelten Uhren eine Frequenz von 60 000 Hz (1 Hz = 1 Hertz = 1 Schwingung je Sekunde) liefert. Das entspricht einer Wellenlänge von 5000 m. Allerdings wird diese Welle nicht ausgestrahlt, weil keine Antenne vorhanden ist, sondern die hochfrequente Schwingung wird einem geschlossenen Schwingungskreis zugeführt. Der Quarz hat die Form eines 91 mm langen Stabes mit einem quadratischen Querschnitt von 11,4 mm. Die Längsachse fällt mit der elektrischen Achse des Kristalls zusammen. Um eine möglichst lange Lebensdauer der Senderöhre zu erzielen, wird ihr Heizfaden weniger als sonst üblich geheizt, wodurch allerdings auch weniger Energie geliefert wird. Deshalb muß diese geringe Energie verstärkt werden. Hierzu dienen normale in der Hochfrequenztechnik benutzte Verstärkerschaltungen. Die hohe Frequenz von 60 000 Hz ist zeitmeßtechnisch noch nicht zu verwenden. In den Quarzuhren sind daher Schalteinrichtungen vorhanden, die sogenannten Frequenzteiler- oder Untersetzungsstufen, mit deren Hilfe man eine gegebene Frequenz ganzzahlig (oder auch nach Brüchen mit kleinen Zahlen), und zwar in gewissen Grenzen beliebig teilen kann. Diese Teilerstufen entsprechen dem Räderwerk in mechanischen Uhren, das ebenfalls vom Schnellen ins Langsame untersetzt. Bei den deutschen Quarzuhren wird meist so verfahren: die erste Stufe teilt im Verhältnis 1 : 6 und liefert 10 000 Hz, die zweite Stufe teilt 1 : 10 und liefert 1000 Hz, die dritte Stufe teilt 1 : 4 und liefert 250 Hz. Ein Schwingungskreis von 250 Hz oder wie wir jetzt auch sagen können, ein Wechselstrom von 250 Perioden kann aber schon leicht technisch und in unserem Falle zeitmeßtechnisch verwendet werden zum Antreiben eines Synchronmotors. Derartige Motoren können bekanntlich nur in einem Tempo laufen, das durch den erregenden Wechselstrom gegeben ist. Wenn dieser, wie bei den Quarzuhren infolge der Quarzsteuerung in seiner Periode nicht im geringsten schwankt, dann muß sich auch der umlaufende Teil des Synchronmotors völlig gleichmäßig drehen. Durch geeignete Polzahl und Zahnradübertragung kann man erreichen, daß ein Kontaktstift alle Sekunde für kurze Zeit einen Strom schließt. Die bisher allein in wissenschaftlichen Instituten benutzten Quarzuhren verzichten auf die durchaus mögliche Konstruktion eines Räderwerkes mit Stunden-, Minuten- und Sekundenzeiger, sie begnügen sich vielmehr mit dem Sekundenkontakt. Die in Deutschland vorhandenen Quarz-

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA W TORUNIU

uhren sind alle in den betreffenden Institutswerkstätten gebaut worden, wobei die Erfahrungen bei der Entwicklungsarbeit von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zur Verfügung gestellt wurden.

Bild 6 einer Quarzuhranlage im Geodätischen Institut in Potsdam zeigt zunächst, daß keinerlei Ähnlichkeit mehr mit dem vorhanden ist, was wir sonst als Uhr zu bezeichnen pflegen. Nach dem im vorigen Abschnitt geschilderten Aufbau erinnert die Uhr vielmehr an einen

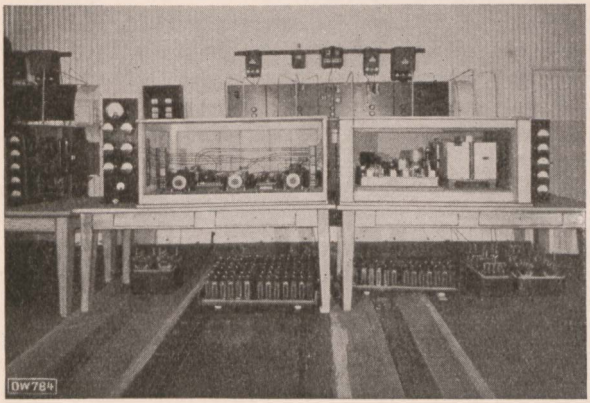


Bild 6
Quarzuhr-Anlage im Geodätischen Institut in Potsdam

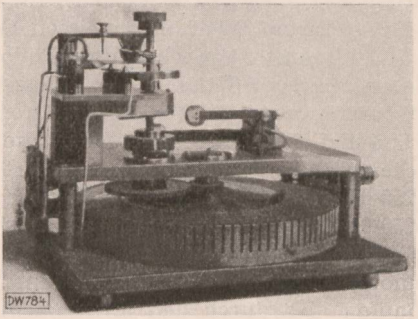


Bild 7
Synchronmotor für eine Quarzuhr

Radioapparat. Wir sehen rechts in dem rechten geöffneten Holzkasten ein Gehäuse, das als Thermostat für eine Temperaturkonstanz von $\pm 0{,}002\,^{\circ}C$ gebaut ist und in seinem Innern den schwingenden Quarzstab enthält. Nach links schließt sich die Senderöhre, der elektrische Schwingungskreis und der Verstärker an. Die von dieser Einrichtung gelieferte Frequenz von 60 000 Hz wird zu dem linken Kasten geleitet, wo sie in drei Stufen zu einem Wechselstrom von 250 Perioden umgewandelt wird. Hiermit wird der in Bild 7 ge-

zeigte Synchronmotor betrieben. Man erkennt im feststehenden Teil die Schlitze für die Elektromagnete und in der Mitte den umlaufenden Teil, dessen Drehung durch Zahnräder auf verschiedene Kontaktstifte übertragen wird.

Die Schilderung des Aufbaues einer Quarzuhr hat deutlich gemacht, daß es sich eigentlich um nichts anderes handelt, als um die Erzeugung eines sehr gleichmäßigen Wechselstromes, der einen Synchronmotor treibt. Im Prinzip ist es dasselbe, wie bei den in den letzten Jahren immer mehr angewendeten Synchronuhren, nur daß dann der Wechselstrom des Netzes die zur Zeitregelung benutzte Schwingung liefert. Bei gut überwachten Netzen kann man heute schon damit rechnen, daß eine Synchronuhr nicht mehr als 5 sek falsch anzeigt. Für wissenschaftliche und wie wir später zeigen werden auch für praktische Zwecke wünschen wir allerdings eine 10 000 mal größere Genauigkeit.

c) Leistungsüberwachung von Uhren durch gegenseitige Gangkontrolle

Wie wir bei Betrachtungen über die Genauigkeit astronomischer Zeitbestimmungen gesehen haben, reichen einzelne oder auch nur wenige Zeitbestimmungen nicht aus, um ein sicheres Bild über die Leistungen von Präzisionsuhren zu gewinnen. Die Uhrangabe ist selbst nach tagelangen Schlechtwetterperioden zuverlässiger als die astronomisch ermittelte Zeit. Man muß vielmehr mindestens 20 bis 30 Zeitbestimmungen zusammenfassen und gruppenweise die Ergebnisse mit den Uhrangaben vergleichen, wenn die Fehler der Zeitbestimmungen bei Beurteilung der Uhren nicht mehr ins Gewicht fallen sollen. Dieses Verfahren wendet man wirklich an, um absolute Vergleiche mit der natürlichen Erduhr zu erhalten. Zur Überwachung von Uhren genügt aber der relative Vergleich mehrerer Uhren untereinander. Dabei kommt es weniger auf die Uhrstände als vielmehr auf die Uhrgänge an, die möglichst konstant oder wenigstens möglichst gleichmäßig veränderlich sein sollen, so daß eine Vorausberechnung von Zeitangaben durchführbar ist. Wenn der Uhrstand oder die Uhrangabe in einem bestimmten Augenblick, z. B. 5 sek gegen die Wahrheit zurück ist, und wenn 24 h später der Stand 6 sek zurück ist, dann ist die Uhr in 24 h um 1 sek zu langsam gegangen oder ihr „täglicher Gang" beträgt + 1 sek pro Tag. Um die Gänge oder genauer die täglichen Gänge zu bestimmen, muß man die Unterschiede der Stände in 24 Stunden bilden. Dieses zeitraubende Verfahren kann man bei Uhren mit sehr schnellen Schwingungen erheblich abkürzen und zugleich wesentlich genauer gestalten, wenn man folgende Überlegungen ausnutzt. Wir nehmen an, zwei Quarzuhren haben tägliche Gänge, die sich um 1 sek unterscheiden. Dann schwingt der Quarz der einen Uhr im Tage 60 000 mal öfter als der der anderen, oder, da der Tag 86 400 Sekunden

hat, schwingt der eine Quarz alle $\frac{86\,400}{60\,000}$ sek, d. h. alle 1,44 sek einmal mehr als der andere. In 12 min = 720 sek haben wir dann 500 Schwingungen Unterschied. Indem man nun die Schwingungen von zwei Uhren einem gemeinsamen Gerät zuführt, oder wie man sagt, wenn man die Schwingungen überlagert, erhält man unmittelbar die Differenzschwingungen oder die Schwebungen, die man dann, wie im Beispiel, für etwa 720 sek abzuzählen hat, um durch einfache Rechnung den täglichen Gangunterschied der beiden Uhren zu erhalten. Schwebungen kann man am leichtesten akustisch mit zwei ein wenig gegeneinander verstimmten Stimmgabeln wahrnehmbar machen. Beim Erregen der Stimmgabeln hört man einen einzigen rhythmisch an- und abschwellenden Ton. Die Zeit für einen Turnus entspricht einer Schwebung und bedeutet, daß die eine Stimmgabel die andere um eine Schwingung überholt hat. Hat man nach obigem Beispiel festgestellt, daß 500 Schwebungen 720 sek dauern, und ist diese Feststellung mit der leicht erreichbaren Genauigkeit von 0,1 sek gelungen, so haben wir damit auch die Gangdifferenz mit einer Genauigkeit von 0,1 : 720 oder 1 : 7200 gefunden. In 12 min ließe sich also der tägliche Gangunterschied von 1 sek auf 0,00014 sek bestimmen. Diese erstaunliche Genauigkeit wird tatsächlich erreicht bei Quarzuhren, deren Gangunterschied nur wenige Sekunden je Tag beträgt. Aber nur bei solchen Uhren kann es einen Zweck haben, diese hohe Präzision der Gangvergleichung anzuwenden, bei denen die schließlich doch unvermeidbaren kleinsten Gangschwankungen selbst nicht größer sind als etwa 0,0001 sek je Tag. Bei den deutschen Quarzuhren, die außer an ihrer Geburtsstätte, der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, im Geodätischen Institut in Potsdam und auf der Deutschen Seewarte in Hamburg in Benutzung sind, ist das wirklich der Fall. Es besteht für diese Institute keinerlei Schwierigkeit mit Hilfe der Quarzuhren die Tageslänge auf weniger als 0,001 sek genau anzugeben. Das entspricht etwa einem Bruchteil von 1 : 100 000 000 (1×10^{-8}). Die effektive Ganggenauigkeit ist für Wochen und wenige Monate sogar auf 2×10^{-9} zu veranschlagen. Damit hat die Zeitmessung die Genauigkeit für Messungen auf dem Gebiet der beiden anderen Einheiten, der Länge und der Masse, übertroffen. — Seit Februar 1939 kann man nach dem geschilderten Schwebungsverfahren die Gänge der an verschiedenen Orten vorhandenen Quarzuhren auf drahtlosem Wege vergleichen, da über den Deutschlandsender werktäglich einmal für mehrere Minuten die von einer Quarzuhr der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gesteuerte Normalfrequenz 1000 Hz ausgestrahlt wird. — Auch bei den mechanischen Uhren hat man neuerdings Verfahren ersonnen, um in kurzer Zeit ihre täglichen Gänge mit dem einer Normaluhr zu vergleichen. Diese sogenannten Zeitwaagen nutzen in irgendeiner Form den bei der Erläu-

terung der Schwebungen benutzten Gedanken aus, daß die eine Uhr die andere in einer gewissen Zeit um eine Schwingung (z. B. der Unruhe) überholt. Da das bei sehr nahe gleich gehenden Uhren recht lange dauern könnte, besteht das Meßprinzip darin, möglichst genau die Veränderung des zeitlichen Abstandes zu messen, der zwischen den Uhrschlägen, dem Ticken, beider Uhren liegt. Aus dieser Veränderung kann man dann auf den täglichen Gangunterschied schließen. Dieses Meßverfahren ist für die Reglage in Uhrenfabriken und bei den im Auftrage der Marine durchzuführenden Chronometerprüfungen besonders vorteilhaft und bewährt.

d) Die Registrierung der Zeitmessungen

Vielfach und namentlich für wissenschaftliche Zwecke ist es wünschenswert und sogar notwendig, die Zeitmessungen aufzuzeichnen, um gewissermaßen Dokumente zu erhalten. Hierfür dient meist ein elektrischer Chronograph, ein Gerät, das ähnlich den Morseschreibern für Telegraphie eingerichtet ist. Die Uhr muß dann mit Kontakteinrichtungen versehen sein. Eine Zugmaschine, ein Feder- oder Gewichtstriebwerk oder auch ein Motor zieht einen Papierstreifen mit möglichst gleichmäßiger Geschwindigkeit an einer Schreibfeder vorbei,

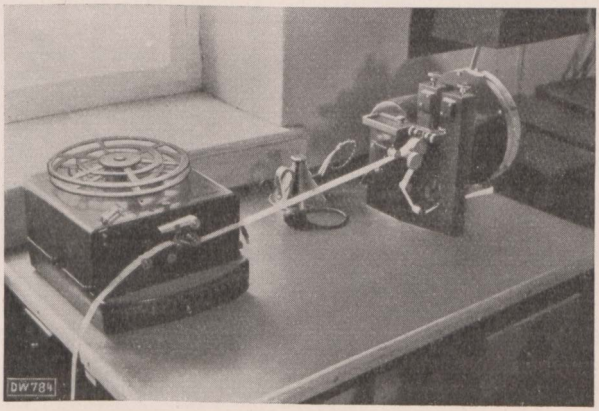


Bild 8. Registriergerät (Drehspulschnellschreiber) mit zwei Schreibfedern.

die mit dem Anker eines Elektromagneten verbunden ist. Wird durch Schließen des Uhrkontaktes ein Strom durch die Magnetspule geschickt, dann wird der Anker angezogen und die Feder bewegt, was sich als Auslenkung des sonst geraden von der Schreibfeder gezogenen Striches bemerkbar macht. Man kann gleichzeitig mehrere Federn und Magnete anordnen, um auf dem Streifen mehrere Vorgänge zu registrieren. Bei

der heute möglichen Genauigkeit muß man mit Sicherheit auf 0,001 sek ablesen können, was bei den älteren Chronographen jedoch nicht möglich ist. Ähnlich wie für die drahtlose Schnelltelegraphie die alten Morseschreiber nicht mehr ausreichen und durch neue empfindlichere Geräte ersetzt wurden, hat man auch die Registrierapparate für die Zeitmessung vervollkommnet. Ja, man verwendet heute geradezu genau dieselben Drehspulschnellschreiber, die auch im Postbetrieb benutzt werden. Mit einem solchen Schnellschreiber kann man mit Papiergeschwindigkeiten bis zu 30 cm/sek arbeiten, so daß irgendwelche Markierungen leicht auf 0,001 sek abgelesen werden können. Bild 8 zeigt ein solches Gerät, das noch im besonderen mit zwei Schreibfedern ausgerüstet ist. Jede der beiden Federn dient aber der Aufzeichnung von zwei verschiedenen Vorgängen, die nur durch die Richtung der Auslenkung unterschieden werden. So können beispielsweise zwei Beobachter gleichzeitig mit verschiedenen Instrumenten Zeitbestimmun-

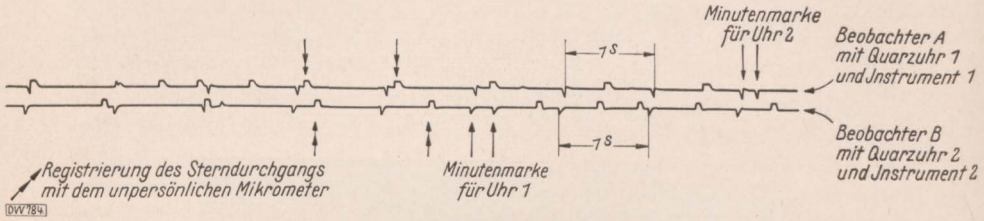


Bild 9. Registrierstreifen eines Drehspulschnellschreibers

gen ausführen, ohne sich gegenseitig zu stören. Der Registrierstreifen, der in einem solchen Falle entsteht, hat das Aussehen von Bild 9. Die Sekunden der Quarzuhren markieren sich durch Auslenkung nach unten, während die vom Durchgangsinstrument herkommenden Kontakte der unpersönlichen Mikrometer entgegengesetzt ausgelenkt werden. Das Bild zeigt außerdem noch die Minutenmarken der Uhren, die im wesentlichen nur zum bequemeren Abzählen der Sekunden dienen. Daß sich gelegentlich zwei verschiedene Markierungen gegenseitig fast zerstören, ist bei Zeitbestimmungen von untergeordneter Bedeutung, weil immer genügend einwandfrei ablesbare Stellen vorhanden sind.

IV. Die Zeitverteilung

Die von Uhren gelieferten Zeitangaben müssen nun in größeren Instituten an vielen Stellen und oft gleichzeitig zur Verfügung stehen. Diese Zeitverteilung kann man auf verschiedene Weise erreichen. Durch eine Hauptuhr kann man mehrere Nebenuhren synchronisieren oder man kann sogenannte Sekundenspringer betreiben. Im ersten Fall,

vgl. Abb. 10, werden an sich selbständige Pendeluhren durch Stromstöße der Hauptuhr gezwungen mit ihr im selben Tempo zu gehen, im zweiten Fall handelt es sich um elektromagnetisch von der Hauptuhr

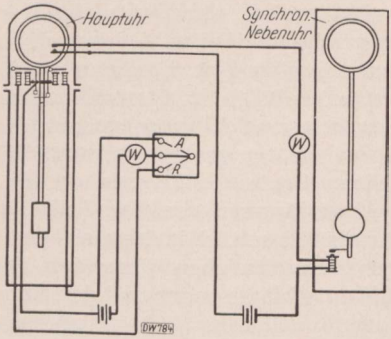


Bild 10. Uhrenanlage in der Uhrenabteilung des Deutschen Museums in München

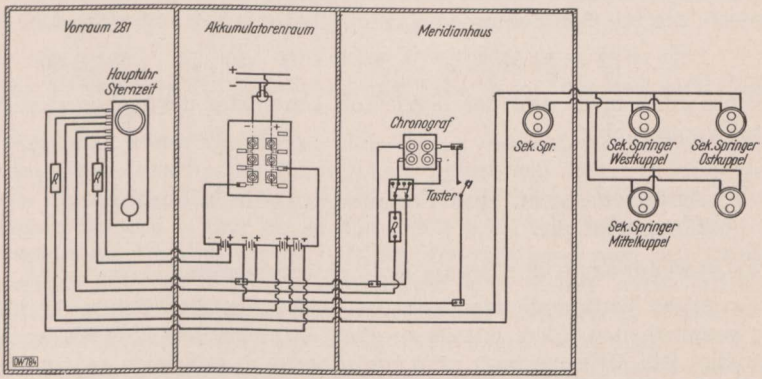


Bild 11. Sternzeit-Uhrenanlage in der Abteilung Astronomie des Deutschen Museums in München

angetriebene Räderwerke. Meist ist für die Zeitverteilung ein recht umfangreiches Leitungsnetz erforderlich, das jedesmal den besonderen Bedürfnissen angepaßt werden muß. Die Uhrenanlage im Deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München kann hierfür als vorbildlich angesehen werden. Ohne auf Einzelheiten einzugehen, ist das Schaltschema für diese Anlage im Bild 11 dargestellt. Aber schließlich soll ja nicht nur das Zeit-

dienstinstitut selbst Nutznießer der ermittelten Zeitangaben sein, sondern sie sollen möglichst allgemein verwendet werden können. In diesem Zusammenhang seien die funkentelegraphischen Zeitzeichen genannt, die von den Großsendern der meisten Kulturstaaten täglich mehrmals ausgesendet werden. In Deutschland ist dies der Sender Nauen, der auf Langwelle und verschiedenen Kurzwellen um 1 Uhr und 13 Uhr mitteleuropäischer Zeit diese von der Deutschen Seewarte in Hamburg gesteuerten Zeitsignale ausstrahlt. Man hat sogar Uhren mit selbsttätigen Empfangseinrichtungen gebaut, die durch diese Zeitsignale immer wieder richtig gestellt werden. Für die Bedürfnisse der Seefahrt kann man heute die Zeitzeichen als absolut genau betrachten, denn die Abweichungen von den Sollzeiten der Aussendung betragen selten mehr als 0,05 sek. Mit der gleichen Genauigkeit werden auch die deutschen Kurzzeitzeichen über den Rundfunk verbreitet und zwar durch den Deutschlandsender und den Reichssender Hamburg nach folgendem Plan:

Deutschlandsender . .	7	12	18	23	Uhr M. E. Z.
Reichssender Hamburg .	7 11	15	19	23	Uhr M. E. Z.

30 sek vor den angegebenen Zeiten beginnend, werden 17 kurze Töne gegeben, die mit den Sekunden

30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 45 50 55 58 59 60

zusammenfallen, so daß der letzte Ton genau der angegebenen vollen Stunde entspricht.

V. Anwendungen der Zeitmessungen höchster Genauigkeit

a) Anwendung in der Praxis der Schweremessung

Es ist im Vorhergehenden von der außerordentlich hohen Genauigkeit gesprochen worden, mit der heute Zeitintervalle gemessen werden können. Die Wissenschaft wird stets bestrebt sein hier so weit wie möglich zu kommen. Es entsteht nun die Frage, ob wirklich diese äußerste Präzision noch irgendeinen praktischen Nutzen hat. Diese Frage ist unbedingt zu bejahen. An einem Beispiel soll gezeigt werden, in welchem Zusammenhang genaueste Zeitangaben mit sehr wichtigen praktischen Dingen stehen. — Wir hatten bei den Pendeluhren erwähnt, daß sie abgesehen von vielen anderen Umständen nur dann gleichmäßig gehen, wenn die Schwerkraft unverändert bleibt. Wenn diese Kraft auch für denselben Ort als konstant gelten kann, so ist sie es doch nicht für verschiedene Orte. Man kann sich vorstellen, daß die Schwerkraft an einem Ort groß sein wird, unter dem sich schwere Massen, z. B. Erzlager befinden und daß sie geringer sein wird,

wenn sich Salzdome darunter befinden, an deren Rändern häufig das für Deutschland so wichtige Erdöl gefunden wird. Im ersten Fall würde das Pendel schneller, im zweiten langsamer schwingen. Man kann also auch umgekehrt ein schwingendes Pendel dazu benutzen, um die Schwerkraft an verschiedenen Orten zu messen, indem man seine Schwingungsdauer feststellt. Auf diese Weise können Pendelmessungen für die Auffindung nutzbarer Lagerstätten herangezogen werden. Dies geschieht nun tatsächlich in großem Umfang im Zusammenhang mit der geophysikalischen Reichsaufnahme, die im Rahmen des Vierjahresplanes durchgeführt wird. Wenn die Messungen aber verwertbare Ergebnisse liefern sollen, muß verlangt werden, daß die Schwingungszeit der im allgemeinen hierfür benutzten Halbsekundenpendel mit einer Genauigkeit von 1 : 10 000 000 (1×10^{-7}) bestimmt werden kann. Deshalb müssen die Uhren auf den festen Stationen, die für die beweglichen Pendelstationen die Zeitskala zu liefern haben, mindestens mit der zehnfachen Genauigkeit, also wie früher angegeben mit einer Genauigkeit von 1×10^{-8} arbeiten. Die Übertragung der Zeit auf die Feldstation wird meist mit Hilfe der Funkzeitzeichen durchgeführt. Sowohl die feste wie die Feldstation zeichnen mit Registrierapparaten dieselben Zeitzeichen auf, deren genauer zeitlicher Abstand dann von der festen Station mit Quarzuhren angegeben werden kann.

b) Anwendung für die Forschung. Die Kontrolle des natürlichen Zeitmaßes

Für die wissenschaftliche Forschung besteht selbstverständlich immer der Wunsch, die Genauigkeit soweit wie möglich zu treiben, wenn auch im Augenblick hierfür kein praktisches Bedürfnis vorzuliegen scheint. Aber es ist klar, daß man bei noch größerer Genauigkeit die Messungsdauer z. B. bei Schweremessungen mit Pendeln verkürzen könnte, wodurch sie billiger und damit wirtschaftlicher würden. Sie könnten dann auch noch mehr Feinheiten im Hinblick auf die Lagerstättenforschung aufzeigen als sie es jetzt schon tun. Es würde sicherlich wie stets dem wissenschaftlichen Fortschritt schnell das praktische Bedürfnis nachfolgen. Wir wollen jedoch auch noch eine rein wissenschaftliche Frage erwähnen, deren Beantwortung durch die neuesten Fortschritte in der Zeitmessung durch den Bau der Quarzuhren in Angriff genommen werden konnte. Es soll jedoch nicht verschwiegen werden, daß auch die besten Pendeluhren sich ebenfalls an der Beantwortung der Frage beteiligen können, ob es gelingt Ungleichmäßigkeiten unseres natürlichen Zeitmaßes, der Umdrehungsdauer der Erde, messend zu verfolgen. — Wenn wir in den ersten Abschnitten unserer Betrachtungen die Umdrehungsdauer der Erde als konstantes Zeitmaß bezeichnet haben, so trifft dies doch nicht in aller Strenge zu. Die Umdrehungsdauer eines Körpers hängt davon ab, wieweit seine ein-

zelnen Teile von der Umdrehungsachse entfernt sind. Wir erinnern uns an das Schulexperiment mit dem Mann auf dem Drehschemel. Wenn der Mann seine mit Gewichten belasteten Arme ausstreckt, dreht sich mit ihm der Schemel langsam, zieht er die Arme an den Körper, dann dreht er sich schnell. Ändern sich also die Abstände einzelner Teile des rotierenden Körpers von seiner Drehachse, dann ändert sich auch notwendig seine Umdrehungsdauer. Solche Änderungen sind nun auf der Erde wirklich vorhanden. Z. B. wird durch Verwitterung oder durch Bergstürze u. dgl. ständig Masse dem Erdmittelpunkt und damit auch der Umdrehungsachse genähert, wodurch die Umdrehungsdauer verkürzt wird. Andererseits wirkt die Reibung der durch Ebbe und Flut bewegten Wassermassen verzögernd. Auch die meteorologischen Vorgänge, Verdunstung, Niederschläge, Schneeschmelze sind mit der Bewegung von Masse verbunden, die in ihrem Wechsel beschleunigend oder verzögernd wirken können. Sogar das alljährlich sich wiederholende Aufsteigen des Saftes in den Pflanzen ist ein Massentransport von Wasser, der in Betracht kommen kann. Das Gesamtphänomen ist also derartig vielgestaltig, daß es nicht mehr überblickt und von der Theorie erfaßt werden kann. Deshalb hat man versucht mit Uhren, die dann aber noch gleichmäßiger gehen müssen als die „Erduhr" selbst, die Unregelmäßigkeiten zu verfolgen. Es ist in der Tat mit den Quarzuhren der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und des Geodätischen Institutes gelungen, derartige Änderungen der Drehgeschwindigkeit oder der astronomisch definierten Tageslänge festzustellen. Namentlich im Juli 1934 zeigte sich innerhalb eines Monats eine Abnahme der Rotationsdauer von rd. 0,006 sek. Allmählich ist dann diese schnellere Drehung wieder langsamer geworden. Auch im Frühsommer 1935 trat dasselbe in etwas schwächerem Maße ein. Dagegen hat die bisherige allerdings erst vorläufige Bearbeitung der Messungen des Geodätischen Institutes für die Jahre 1936 bis 38 nicht mit Sicherheit eine Änderung erkennen lassen. Aus manchen Gründen kann erwartet werden, daß die Unregelmäßigkeiten mit Jahresperiode auftreten, daß aber ihre Größe schwankend sein kann. Auf jeden Fall wird es in Zukunft unerläßlich sein, diese Untersuchungen ständig fortzusetzen. Damit wird auch weiterhin immer wieder der Wunsch auftreten die Uhren womöglich noch mehr zu vervollkommnen.

Rückblick und Ausblick

Wir haben unsere Betrachtungen mit dem so einfach erscheinenden Begriff „Tag" begonnen und haben gesehen, wie schwierig es war eine einwandfreie Definition dieser Zeiteinheit zu geben. Zum Schluß mußten wir erkennen, daß wir mit Unregelmäßigkeiten des so definierten Zeitmaßes rechnen müssen. Solange diese Unregelmäßigkeiten

periodischen Charakter haben, wären sie für die Definition der Zeiteinheit nicht sehr störend, es steht aber fest, daß auch säkulare Änderungen eintreten müssen. Die größte Schwierigkeit für die messende Verfolgung dieser Dinge besteht darin, daß das natürliche und das künstliche Zeitmaß, Erdumdrehung und Uhr sich gegenseitig kontrollieren müssen. Man kann deshalb zunächst im Zweifel sein, welches Zeitmaß denn nun eigentlich das veränderliche ist. Aus diesen Gründen ist es unumgänglich notwendig für derartige Untersuchungen viele und womöglich physikalisch verschiedenartige Uhren zur Verfügung zu haben. Ob es aber jemals gelingen wird Uhren oder Meßgeräte zu bauen, die über mehrere Jahre oder gar Jahrzehnte „besser gehen" als die Erde selbst, wird die Zukunft lehren. Jedenfalls ist mit diesem Wunsch schon jetzt ein Problem genannt, das der Lösung wert ist.

Aus dem Deutschen Museum

Die Orgel im Festsaal des Deutschen Museums zu München

Daß sich in die Orgelbaukunst, die bis gegen 1890 rein handwerksmäßig betrieben wurde, langsam industrielle Verfahren eingeführt haben, ist ein Umstand, den manche Orgelmusiker auch heute noch ein wenig bedauern. Alle Orgeln, von den primitivsten Anfängen an über die Instrumente, auf denen ein Johann Sebastian Bach spielte, bis zu den Orgeln fast des ganzen 19. Jahrhunderts waren mechanisch: Der Spieler ließ, indem er mit den Fingern auf die Tasten drückte, gewissermaßen mit eigener Hand den tonerzeugenden Wind in die Pfeifen einströmen. Der Tastendruck wurde ja durch feste Verbindungsglieder, durch Holzstäbchen (Abstrakten genannt), Winkel, Wellen und Züge auf das Pfeifenventil übertragen, welches dem Wind den Weg in die Pfeife öffnete.

Ausgangs des vorigen Jahrhunderts aber begann man nach einem anderen „Kräfte"-Übertrager zu suchen, wenn man dieses Wort in unserem Zusammenhang gebrauchen darf, wo es sich ja nur um eine sehr geringe Kraft, nämlich um den Druck der Finger auf die Tasten handelt. Man fand diesen Kraftübertrager zunächst in der dem Orgelbauer naheliegendsten Kraftquelle, dem Wind. Wind, d. h. die auf etwa $^1/_{100}$ at Überdruck zusammengepreßte und im Balg aufgespeicherte Luft muß ja ohnehin in der Orgel vorhanden sein, um die Pfeifen zum Sprechen zu bringen. Ein Teil davon wurde nun in einem eigenen Kanal in den Spieltisch unter die Handklaviaturen (die Manuale) und unter die Fußklaviatur (das Pedal) geführt. Für jede Taste dieser Klaviaturen wurde ein Bleiröhrchen in das Orgelwerk zu den Pfeifenventilen gelegt, das sich durch den Druck auf die Taste mit Wind füllte und damit diesen Druck auf einfache und zuverlässige Weise übertrug. Es war nicht nur naheliegend, man kann schon fast von einer Selbstverständlichkeit sprechen, daß man mit dem Aufkommen der Elektrotechnik an Stelle des Windes den elektrischen Strom als noch schnelleren und besseren Kraftübertrager einschaltete.

Ist nun diese Entwicklung gegenüber den schon erwähnten Bedenken mancher Musiker zu rechtfertigen? Durchaus. Nur zwei Gründe dafür wollen wir anführen. Einmal hatte die mechanische Orgel allerlei Schwächen, die man freilich als unvermeidlich hinnahm, solange man nichts anderes kannte. Sie bestanden hauptsächlich in den Einwirkungen von großer Trockenheit und Feuchtigkeit auf die mechanischen Verbindungsteile. Trockenheit verkürzte die Abstrakten manchmal so stark, daß die Pfeifenventile dauernd offenstanden, große Feuchtigkeit aber verlängerte sie, so daß sich die Ventile überhaupt nicht öffneten oder ließ sie so aufquellen, daß sie klemmten und dem Tastendruck nicht mehr folgten. Sodann ist mit der Einführung der neuzeitigen Technik in den Orgelbau eine früher unmögliche und doch im Wesen der

Orgel liegende, großartige Entwicklung angebahnt worden. Erst jetzt wurde es möglich, die Orgel nach rein akustischen und praktischen Gesichtspunkten in den Raum einzubauen, die Orgelkörper zweckmäßig zu verteilen, die Orgelklänge aufs schnellste zu mischen und wieder zu trennen. Nicht zu unterschätzen ist auch die Tatsache, daß eine moderne Orgel billiger hergestellt werden kann als ein mechanisches Werk und damit die Verbreitung dieser „Königin der Musikinstrumente" außerordentlich gefördert wurde.

Die Orgel im Festsaal des Deutschen Museums ist nach dem neuesten elektrischen System gebaut. Ein Drehstrom-Gleichstrom-Umformer erzeugt den nötigen Schwachstrom. Der Stromkreis läuft über den Spieltisch, verästelt sich hier über die Kontakte der Spieltasten und der Registerwippen auf die einzelnen Adern des zur Orgel führenden Kabels, speist die an den Windladen befindlichen 1180 Elektromagnete, wird wieder gesammelt und zur Dynamo zurückgeführt.

Die Anker der Elektromagnete betätigen jedoch die Pfeifenventile nicht unmittelbar und auch nicht auf mechanischem Wege. Vielmehr wird nun hier doch noch die Kraft des Windes eingeschaltet, so daß also die Orgel, streng genommen, eine elektropneumatische Spielweise hat, wie die meisten großen neuzeitlichen Orgelwerke in Deutschland. Durch die Bewegung des Ankers wird nämlich einer kleinen in einem Bälgchen aufgespeicherten Windmenge der Weg ins Freie geöffnet. Das Bälgchen klappt nach oben zusammen, ein daran hängendes Doppelventil aus Leder wechselt seine Stellung derart, daß nun wieder ein mit Wind gefüllter und in den Windladenboden von vorne nach hinten eingebohrter Kanal entleert wird. Auf diesem Kanal sitzen im Innern der Windlade kleine Bälgchen aus sehr dünnem, aber winddichtem braunen Spaltleder, die auf ihrem Rücken die Pfeifenventile tragen. Auch diese Bälgchen klappen infolge der Entleerung des Kanals und unter dem Druck des in der Windlade herrschenden Windes zusammen und der Wind kann in die Pfeifen einströmen und sie zum Erklingen bringen. Der ganze Vorgang vollzieht sich selbstverständlich mit einer solchen Schnelligkeit, daß in dem Augenblick, in dem der Spieler die Taste drückt, der Ton auch schon da ist und daß er wieder verstummt, sobald er sie wieder losläßt. Bild 1 und 2 erläutern diesen Vorgang.

Die schon mehrfach erwähnten Windladen sind flache, der Länge nach durch „Schiede" in „Registerkanzellen" eingeteilte Holzkästen, auf denen die Pfeifen registerweise angeordnet sind, derart, daß die Pfeifen, die von der gleichen Taste aus spielbar sind, immer hintereinander stehen. Die Elektromagnete sitzen an der vorderen Längsseite der Windlade, soweit sie die Pfeifenventile zu bedienen haben und an der Schmalseite (oder auch in der Mitte von vorne nach hinten) soweit sie die Registerventile zu betätigen haben.

Die Orgel im Festsaal des Deutschen Museums weist 75 Register mit 4694 sprechenden Pfeifen auf; sie ist damit die größte Orgel Münchens. Diese 75 Register verteilen sich auf vier Manualwerke und das Pedalwerk. Der auf der rechten Seite der Bühne (von vorne gesehen) befindliche Orgelkörper enthält das 1. und 4. Manual und einen Teil des Pedals, der linke Orgelkörper das 2. und 3. Manual und den Rest des Pedals. Auch von den 142 sichtbaren, in der Front stehenden Pfeifen, bei deren Gestaltung natürlich auch der Architekt ein gewichtiges Wort mitspricht, sind 82 sprechend, die übrigen 60 sind stumm (oder blind, wie der Orgelbauer sagt), also nur aus architektonischen Gründen eingebaut.

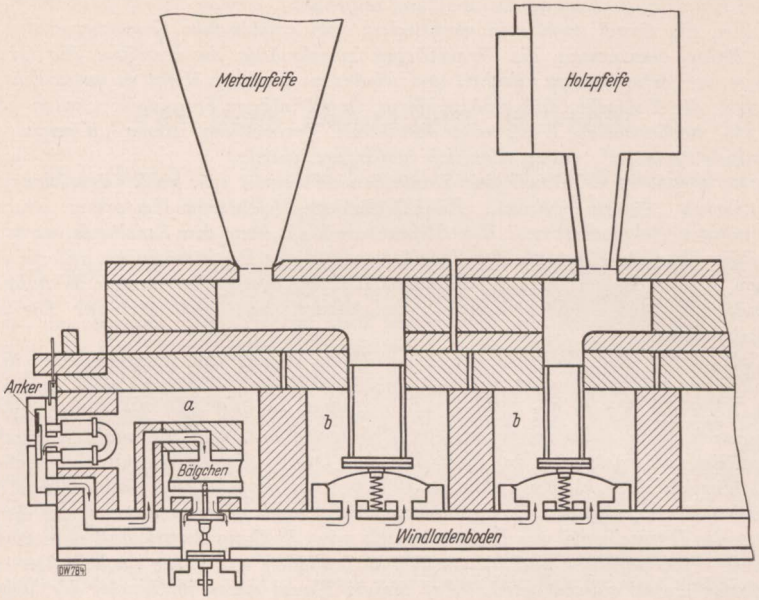
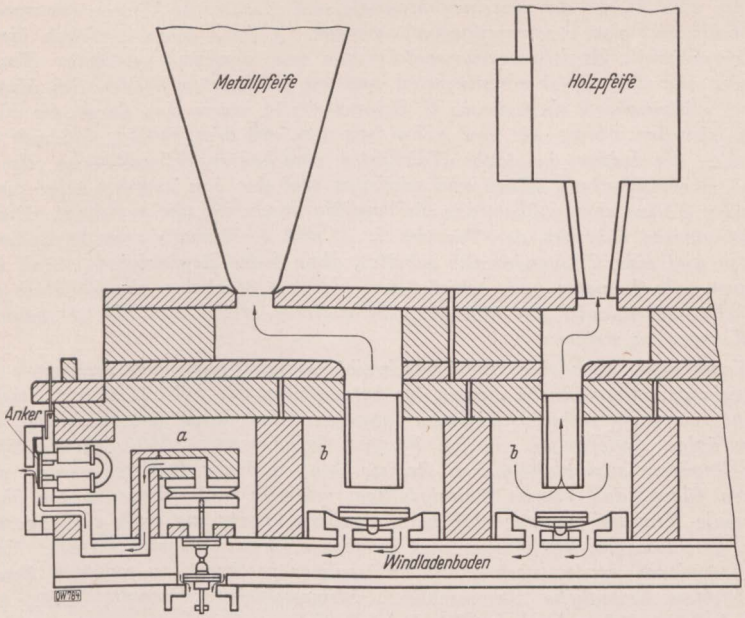


Bild 1 u. 2. Schnitt durch eine Windlade der Orgel im Festsaal

Bild 1. Taste nicht gedrückt. Wind füllt sowohl das Bälgchen bei *a* als auch die Bälgchen mit den Pfeifenventilen bei *b*. Der durch den Winddruck nach außen gepreßte Anker ebenso wie das auf dem Windladenboden aufliegende Ventil verhindern das Ausströmen des Windes.

Über das Wesen des Orgelregisters braucht wohl nichts gesagt zu werden. Die einzelnen Register unterscheiden sich voneinander sowohl durch die Tonhöhe als auch durch die Klangfarbe und Stärke. Der tiefste Ton des tiefsten Registers (der Bombarde 32′) beginnt mit dem Sub-Kontra-C, der tiefste Ton des höchsten Registers (der Oktave oder der Sedez 1′) um volle 5 Oktaven höher. Die Klangfarben der Register, die durch Wahl des Materials (Zinn, Blei, Zink, Holz usw.) und durch die Gestaltung der Pfeifen (weit, eng, zylindrisch, konisch, offen, gedeckt, halbgedeckt usw.) oder durch die Bauart (Lippenpfeifen, Zungenpfeifen) bestimmt werden, lassen sich natürlich schwer beschreiben. Einige Registerbezeichnungen, die wir herausgreifen, mögen einen Begriff davon geben. Im 1. Manual, dem Haupt- und Grundwerk, haben wir die mächtigen „Prinzipale“ und „Trompeten“, daneben auch ein „Gemshorn“, und eine „Koppelflöte“. Das 2. Manual ist als altertümliches, barockes „Positiv“ gebaut. Die obertonreichen Register „Quintade“ und „Koppel“, eine „Spillflöte 2′“ und vor allem zwei mehrchörige silberhelle Mixturen geben ihm sein Gepräge. Das 3. Manual ist als „Schwellwerk“ mit seiner „Zartgamba“, seiner „Vox coelestis“, „Bombarde“ und „Clairon“ das am meisten „orchestrale“ Werk. Das 4. Manual, das „Oberwerk“ ist zwar ebenfalls schwellbar, doch ist es weit schwächer als das 3. Manual und hat



des Deutschen Museums mit elektro-pneumatischer Steuerung

Bild 2. Taste ist gedrückt. Der Anker wird durch den Magnet angezogen, so daß sich das Bälgchen bei *a* entleert. Es wird durch den es umgebenden Wind nach oben gepreßt, so daß sich das daran hängende Doppelventil hebt. Der in den Pfeifenventil-Bälgchen sitzende Wind entweicht nach außen, die Ventile werden nach unten gedrückt und der Wind strömt in die Pfeifen ein. — Der Kanal *a* ist stets mit Wind gefüllt, die Registerkanäle *b* nur, wenn das betreffende Register gezogen ist.

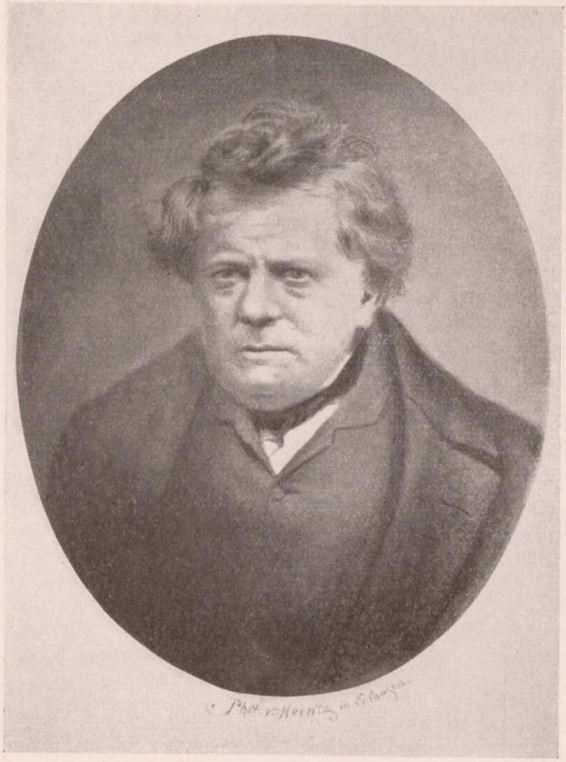
Krummhorn 8′ und Vox Humana 4′, sind einige bezeichnende Register. Im Pedal schließlich haben die tiefen Baßregister Prinzipalbaß, Subbaß, Bombarde, Posaune und Trompete ihren Platz, aber auch der 6chörige Cornettbaß und die helle Clarine 4′. Eine Reihe von Registern bis zu dem hohen Geigenprinzipal 2′ hinauf kann aus den Manualen „entlehnt" werden, so daß also auf dem Pedal auch die Melodie oder der Cantus firmus eines Musikstückes gespielt werden können.

Einen Blick müssen wir noch auf den mächtigen, fahrbaren Spieltisch werfen, von dem aus die Orgel technisch und musikalisch beherrscht und gemeistert werden kann. Ein Druck auf einen Knopf und die beiden Elektroventilatoren von 2 und 1,5 PS, die zusammen 46 m³ Preßluft in der Minute zu beschaffen vermögen, füllen die neun Bälge mit Wind, während gleichzeitig der Generator auf die nötige Spannung kommt, was an einem Voltmeter abzulesen ist. Nun bedarf es nur noch des Registrierens mittels der zu beiden Seiten der 4 Manuale aufgebauten Registerwippen und das Spiel kann beginnen. Zur Ausnützung des Klangmaterials steht dem Spieler eine Fülle von „Spielhilfen" zur Ver-

fügung. Die Werke der einzelnen Manuale und des Pedals können zusammengekoppelt und also zusammengespielt werden. 4 freie Kombinationen bieten die Möglichkeit, Registerzusammenstellungen von verschiedenartigster Klangwirkung vor dem Spiel vorzubereiten und an bestimmten Stellen des Musikstückes wirkungsvoll einzusetzen. 2 Balanciertritte lassen sich durch die Fußspitze oder den Absatz um ihre Achse bewegen, mit dem Erfolg, daß sich die Jalousien der beiden, in starke Holzkästen eingebauten Schwellwerke (des 3. und 4. Manualwerkes) öffnen und schließen und der Ton langsam oder rasch, in beiden Fällen aber vollkommen gleichmäßig anschwillt und verklingt. Durch 3 Tremulanten läßt sich der Ton des 2., 3. und 4. Manuals zum Tremolieren bringen und eine Crescendowalze schaltet, ohne jedes Registrieren mittels der Wippen, alle Register vom schwächsten bis zum stärksten einschließlich der Koppeln nacheinander ein und aus, ein weiteres Mittel, um die „Dynamik" des Klanges zu steigern.

Wenn man aber eine Orgel beschreibt, so darf man nicht vergessen die wochenlange, unermüdliche Arbeit der Intonateure, die jeden Ton auf Stärke, Klangfarbe und Ansprache genau abwägen und durch entsprechende, oft geringfügige Änderungen an den Pfeifen dafür sorgen, daß sich die Töne eines Registers zum einheitlichen Registerklang und die Register wieder zum Ganzen fügen, daß ebenso mannigfaltige, reizvolle und immer wieder überraschende Klangmischungen sich hervorzaubern lassen, als auch ein abgerundetes, geschlossenes, machtvolles und erhabenes „Volles Werk" ersteht. Nach dem Intonieren werden noch sämtliche Register gestimmt, zu welchem Zweck die Pfeifen bewegliche Stimmschlitze, Stimmschieber, Spunde, Hüte und Stimmkrücken haben, und das Werk ist fertig.

Die Orgel im Festsaal des Deutschen Museums darf auch in klanglicher Hinsicht als hervorragend gelungen bezeichnet werden, und nicht nur die Polyphonie eines Bach, Buxtehude, Pachelbel, sondern auch die mehr gefühlsbetonte, dynamisch wirksame und geschmeidige Musik neuerer Komponisten kann stilgerecht auf ihr vorgetragen werden. So reichen sich in diesem Werke neuzeitliche Technik, handwerkliche Erfahrung und künstlerisch-musikalische Gestaltungskraft die Hand.



Georg Simon Ohm

geb. 16. März 1789 zu Erlangen
gest. 6. Juli 1854 zu München

Georg Simon Ohm

Von *J. Zenneck VDI,* München [1])

Ritter von Füchtbauer, ein Großneffe Ohms, beginnt sein eben erschienenes Buch mit folgender Erzählung: „Im Jahre 1934 ging einer von den westfälischen Ohms in Harwich an Land. Der englische Soldat, der die Pässe prüfte, gab ihm den seinen mit den Worten zurück: ‚Ohm, oh, Ohm's law' (das Ohm'sche Gesetz)". So ist es aber. Das Ohm'sche Gesetz kennt man in der ganzen Welt; wenn man es in der Physikstunde nicht weiß, so ist es ebenso schlimm, wie wenn man in der Lateinstunde „ut" mit dem Indikativ konstruiert. Der Entdecker des Gesetzes, *Georg Simon Ohm,* dessen 150. Geburtstag wir heute feiern, war bis vor einigen Tagen viel weniger bekannt. Lassen Sie mich deshalb Ihnen zuerst etwas von seiner Lebensgeschichte erzählen.

Das Leben Ohms

Georg Simon Ohm ist heute vor 150 Jahren am 16. März 1789 als Sohn des Schlossermeisters Johann Wolfgang Ohm in Erlangen geboren. Er war also Bayer, wie ich als akklimatisierter Münchener mit besonderem Stolz feststelle. Die Rücksicht auf die nord-südliche Parität erfordert aber, darauf hinzuweisen, daß die Familie Ohms väterlicherseits aus Westfalen stammte, sein Urgroßvater, Wilhelm Ohm, war Schlossermeister in Westerholt bei Münster in Westfalen, sein Großvater Johann Vincentius, kam als wandernder Schlossergeselle nach Bayerisch-Franken und wurde Universitätsschlosser in Erlangen.

Der Vater Ohms war augenscheinlich ein äußerst interessanter Handwerksmeister, dem seine beiden Söhne, Georg Simon und der um drei Jahre jüngere Martin, der später Professor der Mathematik an der Universität Berlin wurde, außerordentlich viel verdanken. Dieser Vater hat sich, als er schon einige 40 Jahre alt war, dem Studium der Mathematik und der Kant'schen Philosophie zugewandt, und zwar mit solchem Erfolg, daß er seine beiden Söhne in Mathematik unterrichten konnte. Als Georg Simon 15 Jahre alt war, hat ihn der Erlanger Professor der Mathematik v. Langsdorff geprüft. Er war von dem Ergebnis der Prüfung geradezu begeistert — ein seltener Fall: meist finden die Studenten, die geprüft wurden, daß es den prüfenden Professoren an Begeisterungsfähigkeit fehlte.

---

1) Vorgetragen auf der von der Stadt Köln veranstalteten Feier des 150. Geburtstages G. S. Ohms am 16. März 1939.

Der Vater entschloß sich, das Opfer, das das Studium seiner beiden Söhne von ihm verlangte, auf sich zu nehmen. Georg Simon machte Ostern 1805 die Reifeprüfung und wurde dann Student der Mathematik, Physik und Philosophie an der Universität Erlangen. Er scheint auch die angenehmen Seiten des Studentenlebens genossen zu haben. Es wird wenigstens von ihm berichtet, daß er ein flotter Tänzer, ein ausgezeichneter Billardspieler und ein unübertrefflicher Schlittschuhläufer, also augenscheinlich ein ganz frischer Student gewesen sei. Ein Übermaß an diesen sportlichen und mehr gesellschaftlichen Eigenschaften scheint der Grund gewesen zu sein, weshalb er sein Studium schon nach drei Semestern (Sommer 1806) unterbrach. Er übernahm eine Lehrerstelle für Mathematik an einem Privatinstitut im Kanton Bern; die Verhältnisse, die er dort antraf, waren äußerst angenehm.

Erst Ostern 1811 kehrte er in seine Vaterstadt Erlangen zurück und promovierte und habilitierte sich dort. Nur drei Semester hat er, und zwar mit großem Erfolg, mathematische Vorlesungen gehalten. Da er auf eine einträglichere Stelle als diejenige eines Privatdozenten angewiesen war, bewarb er sich um die Stelle eines Professors der Mathematik und Physik am Gymnasium Bayreuth, die frei geworden war. Er bekam sie nicht, wohl aber infolge einer Eingabe an den König von Bayern die Stelle eines Lehrers an der Realstudien-Anstalt Bamberg. Diese Stelle war, wie man zu sagen pflegt, ein großer Reinfall: die Schule war eine Art Presse, in der man Schüler unterbrachte, an denen andere Lehranstalten und die Eltern verzweifelt waren. Es ist außerordentlich bezeichnend für sein Vorwärtsstreben, daß er in dieser unerfreulichen Zeit sein erstes Buch „Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie als höheren Bildungsmittels" schrieb. Dieser Schrift verdankt es Ohm wohl, daß in seinem Leben eine entscheidende Wendung eintrat durch die Berufung als Oberlehrer der Mathematik und Physik an das sog. Jesuiten-Kollegium in Köln. Neun Jahre bis 1827 konnte Ohm an diesem Gymnasium wirken; während dieser Zeit ist diejenige Arbeit entstanden, die das Gesetz enthält, das seinen Namen unsterblich gemacht hat.

Über das neue Wirkungsfeld Ohms ist man hauptsächlich durch zwei Briefe unterrichtet, die sein früherer und späterer Kollege, der Philologe Franz Göller am 20. September bzw. 7. Oktober 1817 an ihn schrieb. Dieser war selbst erst vor kurzem an das Gymnasium gekommen und bemühte sich nun, es Ohm schmackhaft zu machen, indem er die Verhältnisse dort als äußerst günstig schilderte. Er betont auch in einer Nachschrift des ersten Briefes: „Mein Reisegeld erhielt ich in blanken Talern. Kein Abzug!" Demnach muß doch auch schon damals die Einrichtung der Abzüge nicht unbekannt gewesen sein.

Eines geht aus dem Briefwechsel Göller-Ohm mit Sicherheit hervor, daß das Gymnasium eine sehr gut eingerichtete, von freiem Geist getragene Anstalt war, an der sich jeder Lehrer wohlfühlen konnte. Für Ohm und sein Leben war besonders wichtig die für die damaligen Verhältnisse sehr gute Einrichtung der physikalischen Sammlung, der später sogar ein Mechaniker zur Verfügung stand, und die verhältnismäßig geringe Lehrbelastung: maximal 18 Stunden, fast alle am Vormittag, stellten ihm so viel freie Zeit zu eigener Arbeit in Aussicht, wie sie heute nur sehr wenig Hochschul-Professoren besitzen. In der Praxis war es nicht ganz so gut, wie es anfangs schien, die Lehrbelastung, zum Teil freiwillig übernommen, wuchs von Jahr zu Jahr.

Über das Leben Ohms in Köln liegen keine bestimmten Angaben vor. Sicher ist, daß während der Kölner Zeit sechs wissenschaftliche Arbeiten von ihm in rascher Folge erschienen, sicher aber auch, daß die erste erst 1825, d. h. nachdem er acht Jahre in Köln gewesen war, veröffentlicht wurde. Sicher ist auch, daß in diesen acht Jahren die Umstellung Ohms vom Mathematiker zum Physiker vor sich ging; er war als Mathematiker nach Köln gekommen, seine Arbeiten sind aber von jetzt an alle physikalisch.

Die glänzende Arbeit, in der das Ohmsche Gesetz steht, ist 1826 herausgekommen unter dem Titel „Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten, nebst einer Theorie des Voltaischen Apparates und des Schweiggerschen Multiplikators". Bald nachher beantragte Ohm in einem ausführlichen Schreiben beim Ministerium in Berlin die Erlaubnis, „auf ein Jahr nach Berlin zu gehen, um dort ungestört seine wissenschaftlichen Untersuchungen teils vollenden, teils weiterführen zu können". Das Ministerium holt das Gutachten des Provinzial-Kollegiums in Köln und über die Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeiten Ohms dasjenige des Professors Paul Ermann in Berlin ein. Dieser schließt sein Gutachten mit den Worten: „ . . . es sind hier und da in kurzer Zeit sehr lehrreiche Untersuchungen desselben Verfassers erschienen, in welchen mathematische und mechanische Forschung glücklich gepaart und nicht geringe Achtung für die wissenschaftliche Qualifikation des Herrn Ohm einflößen." Der Antrag wird (am 10. August 1826) bewilligt in einem Schreiben, in dem es heißt: „So schwer es auch dem Gymnasium in Köln fallen mag, Ihre Tätigkeit als Lehrer an demselben ein ganzes Jahr zu entbehren, so will das Ministerium dennoch, um Ihr Streben nach wissenschaftlicher Ausbildung und Tätigkeit so viel als möglich zu fördern, auf Ihr Gesuch vom 1. April l. J. Sie von Michaelis ab auf ein Jahr von Ihrem Amt entbinden, damit Sie sich während dieser Zeit hier aufhalten und Ihren wissenschaftlichen Bestrebungen ganz widmen können." Zugleich wird ihm die Hälfte seines Gehaltes angewiesen

und für den Fall, daß diese Summe nicht ausreichen sollte, behält sich das Ministerium das weitere vor.

Ohm war über dieses Entgegenkommen sehr glücklich und nützte die Zeit gut aus. Schon im Mai 1827 erschien eine neue große Arbeit: „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet." Ohm unterbreitete sie dem Ministerium und schloß in einem ausführlichen Briefe zwei Bitten an:

1. es möge ihn von den Pflichten, die ihn bisher in Köln fesselten, gänzlich und auf immer entbinden,
2. es möge ihm eine Stelle anweisen, die seinem literarischen Streben, „nach Maßgabe seiner Erheblichkeit" günstig sei und ihn zugleich in eine solche bürgerliche Lage versetze, von der er wünschen könne, daß sie bleibend sei.

Von seinem Entschluß, seine Stelle in Köln aufzugeben, ist Ohm nicht mehr abgegangen, selbst dann nicht, als eine Abordnung seiner Kölner Schüler ihn um Wiederaufnahme seines Unterrichtes bestürmte. Das Ministerium andererseits erklärte sich außerstande, ihm eine andere Stelle zu geben.

Durch den Verzicht auf die Kölner Stelle waren die finanziellen Verhältnisse Ohms schwierig geworden. Sie wurden gemildert dadurch, daß er durch Vermittlung des Generals von Radowitz drei Wochenstunden mathematischen Repetitions-Unterrichts an der allgemeinen Kriegsschule in Berlin übertragen und dafür 300 Taler jährlich — etwas weniger als die Hälfte seines Kölner Gehalts — erhielt. Die fünf Jahre, die er nach Niederlegung seiner Kölner Stelle in Berlin zubrachte und in denen er von Zeit und Geld nur das erste in ausreichendem Maße besaß, sind für seine wissenschaftliche Arbeit durchaus fruchtbar gewesen. In dieser Zeit entstanden nicht weniger als zehn wissenschaftliche, zum Teil sehr ausführliche Veröffentlichungen.

Auch die finanziellen Verhältnisse scheinen mit der Zeit besser geworden zu sein. Ohm schreibt in seiner Eingabe (vom 30. Juni 1833) an den König von Bayern, daß er an der allgemeinen Kriegsschule und an der Vereinigten Artillerie- und Ingenieurschule neun Stunden wöchentlich zu erteilen habe, dafür 700 preußische Taler bekomme, außerdem noch Gelegenheit zu Nebenverdienst habe, so daß seine wirkliche Einnahme in dem vorausgehenden Jahre nicht 700, sondern 1000 Taler betragen habe. Trotzdem sehnte er sich nach einer befriedigenderen Tätigkeit und wohl auch nach seinem Heimatlande Bayern. Seine verschiedenen Eingaben an den König von Bayern hatten längere Zeit keinen Erfolg, bis er schließlich am 16. Februar 1833

die Professur für Physik an der neugegründeten polytechnischen Schule in Nürnberg bekam. Eineinhalb Jahre später wurde ihm auch der Lehrstuhl für höhere Mathematik und das Inspektorat des wissenschaftlichen Unterrichtes und 1839 das Rektorat dieser Schule übertragen, das er bis 1849 innehatte.

In dieser Zeit fing das Ohmsche Gesetz allmählich an zu wirken. Es ist ein Witz der Geschichte, daß den Hauptanstoß eine Arbeit des französischen Physikers Pouillet gab, der in derselben zehn Jahre nach der Entdeckung Ohms den experimentellen Nachweis des Gesetzes für s i c h beanspruchte. Nun erinnerte man sich, daß ein gewisser Ohm so etwas schon früher gemacht habe, und daß die Auffassung, Ohm habe es nur aus mehr oder weniger unsicheren Annahmen mathematisch abgeleitet, aber nicht experimentell bewiesen im Hinblick auf dessen rein experimentelle Arbeit „Bestimmung des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektrizität leiten", nicht gut zu halten sei. Die erste größere Auszeichnung war die Ernennung Ohms zum korrespondierenden Mitglied der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften. Ganz besonderen Eindruck machte es auf der ganzen Welt, als im Jahre 1841 die Royal Society in London Ohm für seine Entdeckung die goldene Copley-Medaille verlieh, die für die wichtigsten Entdeckungen auf dem Gebiete der exakten Forschung gestiftet, und vorher nur e i n e m deutschen Gelehrten, Carl Friedrich Gauß, verliehen worden war. Die Begründung dieser Auszeichnung war eine vorzügliche Kennzeichnung der Ohmschen Entdeckung und ihrer Bedeutung. Außerdem ernannte die Royal Society Ohm „wegen seiner ausgezeichneten (eminently distinguished) mathematischen und physikalischen Forschungen" zum auswärtigen Mitglied.

Augenscheinlich hat Ohm in seiner Rektorats- und Lehrtätigkeit allmählich doch wieder Sehnsucht nach Forschungsarbeit bekommen. Am 6. Mai 1842 richtete er an den König von Bayern ein Gesuch, er möge ihm „erlauben, einen kleinen Teil seiner Obliegenheiten auf zwei Jahre, vom nächsten Schuljahr anfangend, einem Stellvertreter zu übergeben", um sich wissenschaftlich betätigen zu können. Das wird ihm sofort genehmigt und schon im nächsten Jahr erscheint eine ganz grundlegende Arbeit von ihm, und zwar, diesmal auf dem Gebiet der Akustik, die Arbeit „Über die Definition des Tons nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen".

Schon im Jahre 1845 war Ohm odentliches Mitglied der Bayerischen Akademie der Wissenschaften geworden. Im Jahre 1849, d. h. im Alter von 60 Jahren, wurde Ohm vom König Maximilian II. zum 2. Konservator der mathematisch-physikalischen Sammlung des Staates ernannt mit der Verpflichtung, an der Universität München Vorlesungen über

Mathematik und Physik zu halten. Außerdem wurde er Ministerial-Referent für die Telegraphenverwaltung in deren physikalisch-technischen Beziehungen beim Staatsministerium des Handels und der öffentlichen Arbeiten, eine Stelle, die er aber wieder abgab, als der bisherige Inhaber, Dr. Steinheil, von einer ausländischen Mission zurückgekehrt war. Vom 1. Oktober 1852 an war er ordentlicher Professor der Physik an der Universität München und mit der Leitung des physikalischen „Universitätskabinetts" betraut. 1853 erhielt er als einer der ersten die Ernennung zum Mitglied des Maximilians-Ordens für Wissenschaft und Kunst „in Anerkennung seiner hervorragenden Leistungen im Gebiete der Wissenschaft".

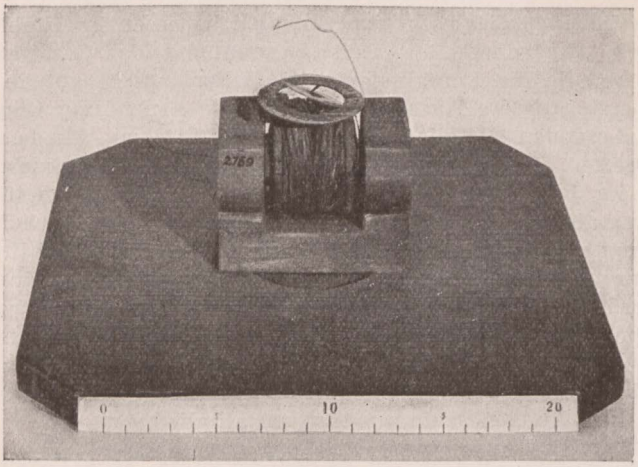


Bild. 1. Galvanoskop von G. S. Ohm

In den fünf Jahren, die ihm in München vergönnt waren, beschäftigte er sich mit den Interferenzerscheinungen in optisch einachsigen Kristallen und legte das Ergebnis in zwei großen Arbeiten nieder, die beide in den Abhandlungen der Kgl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften erschienen sind.

Außerdem schrieb Ohm ein ausgezeichnetes Lehrbuch der Physik unter dem Titel: *G. S. Ohm:* „Grundzüge der Physik als Kompendium zu seinen Vorlesungen." Es war hervorgegangen aus lithographierten Blättern, die Ohm seinen Zuhörern als Unterstützung der Vorlesung gab, da der Hörsal nur Sitze zum Hören, aber keine Tische oder ähnliches zum Nachschreiben enthielt, und da seine Zuhörer in ihrer mathematischen Vorbildung sehr zurück waren.

Immer wieder beschäftigte ihn ein alter Plan, eine Molekularphysik zu schreiben. Davon erschien ein erster vorbereitender Band mit dem Titel „Beiträge zur Molekular-Physik, 1. Band, enthaltend einen Grundriß der analytischen Geometrie im Raume am schiefwinkeligen Koordinatensystem". Auch das Manuskript des 2. Bandes, „Dynamik der Körpergebilde am schiefwinkeligen Koordinatensystem" enthaltend, hat er fertiggestellt. Es ist nicht gedruckt worden, nachdem der Verfasser, der schon seit längerer Zeit kränkelte, am 6. Juli 1854 einem Schlaganfall erlegen war.

Die Werke

1. Das erste Werk, was Ohm veröffentlicht hat, ist ein pädagogisches, und das letzte, das in seinem Todesjahr (1854) erschienen ist, ist es auch. Das erste, oben erwähnte, hat den Titel „Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie als höheren Bildungsmittels an vorbereitenden Lehranstalten", das letztere ist das schon erwähnte Physiklehrbuch „Grundzüge der Physik".

In dem ersten Buch ist ganz ausgezeichnet die Einleitung. Es heißt darin von dem Werte der Geometrie: „Unter den höheren Bildungsmitteln verdient die rationelle Geometrie eine ehrenvolle Stelle. Ihr rein geistiger und doch mit der Sinnlichkeit so nahe verwandter Gegenstand erleichtert den Übergang vom Anschauen zum Denken; ihr höchst einfacher und doch so vernunftgemäßer Bau eignet sich im hohen Grade zur Leitung des Menschen aus dem Gebiete des imitativen Verstehens in das Reich des produktiven Forschens." Darauf kommt es ihm an: die Geometrie, ihre Beweise und Konstruktionen sollen nicht auswendig gelernt, sondern vom Lernenden in eigener Denk- und Vorstellungstätigkeit entwickelt werden. Wer sich an die Freude und den Stolz erinnert, den man als Schüler hatte, wenn es einem gelungen war, eine geometrische Aufgabe doch noch „herauszubringen", wird Ohm sicher Recht geben. Ich lasse dahingestellt, wie weit das Buch selbst in der Praxis das, was seinem Verfasser vorschwebte, erreicht hat. Gerade die Anfangsgründe der Geometrie sind in dem Buch zwar sehr exakt, aber auch außerordentlich langwierig dargestellt.

Pädagogisch steht jedenfalls viel höher das ausgezeichnete Physik-Lehrbuch, das er am Ende seiner erfolgreichen Lehrtätigkeit wohl als einen Extrakt seiner Lehrerfahrungen geschrieben hat. Es ist sehr ausführlich — 563 Seiten —, die Erklärungen sind einfach, klar und anschaulich, die Anschaulichkeit ist besonders betont durch 147 einfache, geschickte Abbildungen. Besondere Bedeutung ist dem „Galvanismus" beigemessen. Das Kapitel über Magnetostatik hat die Überschrift: „Von den vor Entdeckung des Galvanismus bekannten magnetischen Erscheinungen", und das Kapitel über Elektrostatik den Titel: „Von den

vor Entdeckung des Galvanismus bekannten elektrischen Erscheinungen." Für Ohm war die Entdeckung des Galvanismus die große Zeitwende in der Physik.

2. Auf dem Gebiete des Galvanismus lagen denn auch die ersten wissenschaftlichen Arbeiten Ohms, zu denen ihm seine Kölner Stelle die experimentellen Hilfsmittel und die Zeit gab. Sie hat eine interessante Vorgeschichte. Ein Jahr vorher war als erste wissenschaftliche Arbeit Ohms eine erschienen mit dem Titel: „Vorläufige Anzeige des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontakt-Elektrizität leiten." Er hatte darin Versuche und Messungen beschrieben, die das Gesetz des Stroms in Stromkreisen ermitteln sollten, und war zu einem durchaus unrichtigen Gesetz gelangt, das aber durch seine Messungen bestätigt schien. Der Grund für diesen fatalen Mißerfolg war, daß Ohm als Stromquelle die damals allein bekannten inkonstanten galvanischen Elemente benützt hatte. Der Veröffentlichung dieser Arbeit in Poggendorffs Annalen gab der Herausgeber Professor Poggendorff eine Fußnote folgenden Inhalts bei: „Es wäre zu wünschen, daß der Verfasser Muße fände, diese und ähnliche Gesetzesbestimmungen mit der sog. thermo-elektrischen Kette vorzunehmen. Die Wirkungen sind bei dieser bei weitem beständiger als bei der sog. hydro-elektrischen Kette und lassen deshalb sehr scharfe Messungen zu." Diesem Rat ist Ohm gefolgt und das Ergebnis seiner neuen Messungen mit einem Thermoelement als Stromquelle war das, was wir heute das Ohmsche Gesetz nennen.

Ohm hat es in seiner berühmten Abhandlung von 1826 in sehr unscheinbarer Form dargestellt. Er hatte eine Anzahl Messungen mit einem Thermoelement Kupfer-Wismuth und Leitern verschiedener Länge, die an das Thermoelement angeschlossen wurden, gemacht und in einer Tabelle die Stromstärken in den verschiedenen Fällen zusammengestellt. Er sagt dann: „Obige Zahlen lassen sich sehr genügend durch die Gleichung

$$X = \frac{a}{b + x}$$

darstellen, wobei X die Stärke der magnetischen Wirkung auf den Leiter, dessen Länge x ist, a und b aber Konstante, von der erregenden Kraft und dem Leitungswiderstand der übrigen Teile der Kette abhängige Größen bezeichnen." Schreibt man das Gesetz in der heute üblichen Form $J = \frac{E}{R_i + R_a}$ für den Strom J, die elektromotorische Kraft E des Elementes, den inneren Widerstand R_i des Elements und den äußeren R_a des Schließungskreises und bedenkt man, das R_a proportional der Leiterlänge x ist, so sieht man unmittelbar, was die

Größen a und b des Gesetzes oben bedeuten. In einer späteren Abhandlung hat Ohm sein Gesetz aber genau so ausgesprochen, wie wir es heute gewöhnt sind. Er sagt, daß „die Größe des Stroms in einer galvanischen Kette abhängig ist

a) im geraden Verhältnis von der Summe aller in der Kette auftretenden Spannungen,

b) im umgekehrten Verhältnis von der Summe aller Widerstände".

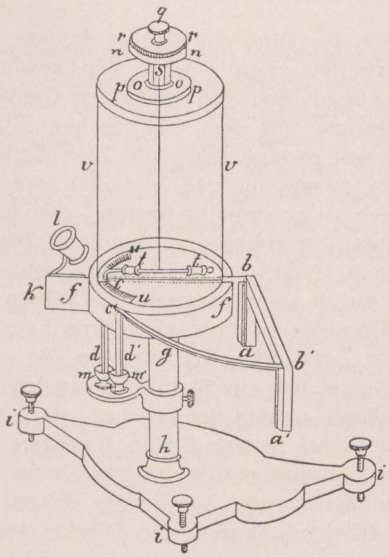


Bild 2. Ohm's Torsionsampèremeter mit Thermoelement aus dem Jahr 1826

Die Anordnung für die Messungen, aus denen Ohm sein Gesetz abgeleitet hat, enthielt im wesentlichen das Thermoelement, das die Spannung lieferte, den Leiter, der den Stromkreis bildete, und eine magnetische Drehwaage, die die Wirkung des Stroms maß und damit auch ein Maß für die Stromstärke gab. Sie ist in Bild 2 dargestellt. Das Thermoelement, das die Spannung lieferte, besteht aus dem Wismuth-Streifen $a\ b\ b'\ a'$ und den beiden Kupferstreifen $abcd$ und $a'\ b'\ c'\ d'$; zwischen den Quecksilbernäpfen m und m' können die verschiedenen Leiter eingeschaltet werden. Die Stromstärke wird gemessen durch die Drehungen der Magnetnadel tt: Die Größe der Drehung am Torsionskopf r, die nötig ist, um die Magnetnadel in ihre Nullstellung

zurückzuführen, gibt ein Maß für das Drehmoment, das der Strom auf die Nadel ausübt und damit für den Strom selbst. Damit die Temperatur der beiden Berührungsflächen *ab* und *a' b'* des Thermoelementes und damit auch die Spannung desselben konstant blieb, war die eine Berührungsfläche in einem Zylinder mit heißem Wasser bzw. Wasserdampf umgeben, die andere in einem Zylinder untergebracht, der sich in einer Mischung von Wasser und Eis befand. Die Genauigkeit der Messung hing viel ab von der Sauberkeit, mit der die Drehwaage hergestellt war; ihre Herstellung hat deshalb Ohm in seiner Abhandlung auch mit besonderer Liebe besprochen.

Die Bedeutung, die das Ohmsche Gesetz damals besaß, können wir heute schwer beurteilen: heute sind wir gewöhnt, es als einen speziellen Fall des allgemeinen Maxwellschen Gesetzes anzusehen, das die elektrische Strömung mit dem elektrischen Feld in einem Leiter verknüpft. Damals war es eine erlösende Tat. Es brachte Licht in ein Halbdunkel, in dem ausgezeichnete Physiker wie Barlow und Davy vergebens nach einem Weg gesucht hatten. Die Erkenntnis, daß die Verhältnisse in einem Stromkreis vollkommen bestimmt sind durch die drei Größen Strom, Spannung, Widerstand und daß der Strom eindeutig definiert ist durch seine magnetische Wirkung, war, abgesehen von der Form des Gesetzes an sich schon eine Entdeckung. Nachdem das Ohmsche Gesetz bekannt war, mußten die vorausgehenden Arbeiten auf diesem Gebiet wie ein Stammeln erscheinen und die folgenden hatten durch dieses Gesetz den Vorteil, daß sie sich unter ausgezeichneter Führung auf festem Boden bewegen konnten. In ihrer Begründung der Verleihung der Copley-Medaille an Ohm hat die Royal Society ihre Wertschätzung der Verdienste dieses Gesetzes u. a. mit den Worten ausgedrückt: „Wären die Werke Ohms früher bekannt und ihr Wert erkannt gewesen, so hätten sich die Anstrengungen der Experimentatoren besser gelohnt. In England hatten diejenigen, die am meisten Erfahrung mit Untersuchungen auf dem Gebiet der Volta-Wirkung haben, die Unterstützung lebhaft anerkannt, die ihnen von dieser Seite gekommen ist, und ebenso die unbedingte Genauigkeit, mit der die Beobachtungen mit der Theorie von Ohm übereinstimmten."

Ohm war sich über die große Bedeutung vollkommen klar, er wußte, daß ihm dieses Gesetz den Schlüssel zum Verständnis aller Erscheinungen auf diesem Gebiete gab. So kam es, daß er in der Folge das ganze Gebiet der elektrischen Stromkreise mit Thermoelementen und galvanischen Elementen und Leitern aller Art mit Einschluß der „unipolaren" und elektrolytischen eingehend bearbeitete. Seine Untersuchungen sind in einer großen Reihe von Arbeiten niedergelegt. Die Länge derselben würde heute bei einem Schriftleiter einer wissen-

schaftlichen Zeitschrift geradezu Angstzustände hervorrufen; eine davon ist in seinen „Gesammelten Abhandlungen“ 100, die andere sogar 126 Seiten lang. Diese längste und bedeutendste Arbeit mit dem Titel „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet“, erschien, wie erwähnt, ein Jahr nach dem „Ohmschen Gesetz“, als Ohm sich schon in Berlin befand. Sie hat die anspruchslose Arbeit, in der dieses Gesetz zum erstenmal ausgesprochen und experimentell bewiesen wurde, wohl stark überschattet und Anlaß zu der schon erwähnten unrichtigen Auffassung gegeben, Ohm habe sein Gesetz aus mehr oder weniger unsicheren Annahmen mathematisch abgeleitet, aber nicht experimentell bewiesen.

Sie hat augenscheinlich am meisten Beachtung gefunden. Ohm versucht darin, alle Eigenschaften eines Stromkreises aus drei einfachen Annahmen oder wie er es nennt, drei Gesetzen, mathematisch abzuleiten. Er sagt über das erste: „Was dieses erste Gesetz betrifft, so bin ich von der Ansicht ausgegangen, daß die Mitteilung der Elektrizität von einem Körperelemente nur zu dem ihm zunächst liegenden auf eine unmittelbare Weise erfolge, so daß von jedem Elemente zu jedem anderen entfernter liegenden kein unmittelbarer Übergang stattfindet. Die Größe des Überganges zwischen zwei zunächst beisammen liegenden Elementen habe ich unter übrigen gleichen Umständen dem Unterschiede der in beiden Elementen befindlichen elektrischen Kräfte proportional gesetzt, gleichwie in der Wärmelehre der Wärmeübergang zwischen zwei Körperelementen dem Unterschied ihrer Temperaturen proportional genommen wird.“ Die zweite Annahme, „die Elektrizitätszerstreuung in die Luft“, spielt tatsächlich weder in der Wirklichkeit, noch in seiner Arbeit eine Rolle. Die dritte Annahme heißt: Wenn verschiedenartige Körper einander berühren, so behaupten sie fortwährend an der Stelle der Berührung einen und denselben Unterschied ihrer „elektroskopischen Kräfte“, d. h. ihrer Berührungsspannung.

Er kommt zu dem Ergebnis: „Mit Zuziehung dieser drei Fundamentalsätze lassen sich die Bedingungen angeben, welchen die Elektrizitätsbewegung in Körpern von beliebiger Gestalt und Art unterworfen ist. Die Form und Behandlung der so erhaltenen Differentialgleichungen ist denen für die Wärmebewegung durch Fourier und Poisson uns gegebenen so ähnlich, daß sich schon hieraus . . . der Schluß auf einen inneren Zusammenhang zwischen beiden Naturerscheinungen mit allem Rechte machen ließe, und dieses Identitätsverhältnis nimmt zu, je weiter man es verfolgt.“ Sicher würde er sich gefreut haben, wenn er die neuere Entwicklung der Physik, die seiner ganzen Betrachtungsweise in ungeahnter Weise Recht gab, hätte erleben können.

3. Die großen Erfolge, die Ohm auf dem Gebiete des elektrischen Stromkreises errungen hatte, haben ihn nicht zur Einseitigkeit verleitet. Er hat während seiner Nürnberger Zeit sich einem ganz anderen Gebiet und zwar der Akustik zugewandt und auch hier Grundlegendes geschaffen. Es sind drei akustische Arbeiten von Ohm vorhanden, von denen die erste mehr den Charakter einer vorläufigen Mitteilung trägt, die zweite, schon genannte, „Über die Definition des Tons, nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene usw." das wichtige Grundgesetz enthält.

Es handelt sich bei diesem Gesetz um die folgende Frage. Es sei ein periodischer Vorgang gegeben, wie man ihn z. B. bei der Sirene erhält, wenn man Luft durch die Löcherreihe einer sich drehenden Scheibe hindurchtreten läßt. Unter welchen Umständen tritt dann ein Ton von einer bestimmten Frequenz auf? Die Antwort darauf läßt sich klar wohl nur mathematisch geben, wie es Ohm auch getan hat. Man entwickle den mathematischen Ausdruck für den Schwingungsvorgang der Luft, wie er durch die Bedingungen des Versuchs, bei dem Beispiel oben durch die Drehzahl der Scheibe und die Zahl und Anordnung der Löcher gegeben ist, in eine Fouriersche Reihe. Ein Ton von einer bestimmten Frequenz tritt dann auf, wenn in der Fourierschen Reihe ein Glied dieser Frequenz vorhanden ist, und die Stärke des Tones ist nur bestimmt durch die Amplitude in der Fourierschen Reihe. Oder anders ausgedrückt: jeder periodische Vorgang läßt sich auffassen als die Überlagerung einer Grundschwingung und einer Reihe von Schwingungen, deren Frequenzen ganze vielfache derjenigen der Grundschwingung sind (Harmonische). Man hört einen Ton von einer bestimmten Frequenz dann, wenn die Grundschwingung oder eine der Harmonischen diese Frequenz besitzt, und der Ton ist um so stärker, je größer die Amplitude der Grundschwingung bzw. der betreffenden Harmonischen ist. Dieses Gesetz sieht abstrakt und kompliziert aus. Es ist es in Wirklichkeit durchaus nicht. Im Gegenteil ist es ähnlich wie das Ohmsche Gesetz des elektrischen Stromkreises nicht nur selbst sehr einfach, sondern wie dieses in besonderem Maße geeignet, die allerverschiedensten und verwickeltsten akustischen Vorgänge einer ganz einfachen Erklärung zuzuführen. Wenn man heute mit einem solchen Vorgang zu tun hat, so ist es geradezu selbstverständlich, daß man das Ohmsche Verfahren einschlägt. Es ist tatsächlich nicht sehr allgemein bekannt, daß dieses Verfahren von Ohm herrührt; es ist im Laufe der Zeit üblich geworden, es Helmholtz zuzuschreiben, obwohl dieser die Priorität Ohms selbst anerkannt hat. Aber vielleicht gibt es kein besseres Zeichen für die Wichtigkeit einer Entdeckung, als wenn man sie bald für selbstverständlich hält und den Entdecker vergißt.

Ganz interessant und wichtig für die Einschätzung Ohms als Forscher ist es, daß er in seiner letzten akustischen Arbeit empfiehlt,

bei gewissen Unstimmigkeiten, die der Versuch gegenüber seinem Gesetz bezüglich der Stärke des entstehenden Tones ergeben hatte, „die Schuld . . . auf unser Ohr zu schieben". Er ist sich also klar, daß die Stärke des Tones in seinem Gesetz nur physikalisch, aber nicht in der Wirkung auf das Ohr, d. h. nicht physiologisch bestimmt ist. Würde man auf dem optischen Gebiet der Farbenlehre zwischen physiologischen und physikalischen Farben unterschieden haben, so würde der früheren Geschichte der Optik manche Konfusion erspart geblieben sein.

4. Kennzeichnend für die Vielseitigkeit Ohms ist, daß er in seiner Münchener Zeit noch einem ganz anderen Gebiete sich zuwandte: der Kristalloptik. Eine 99 Seiten lange Abhandlung, die den Titel führt „Erklärung aller in einaxsigen Krystallplatten zwischen geradlinig polarisiertem Licht wahrnehmbaren Interferenzerscheinungen", beschäftigte sich experimentell und besonders eingehend theoretisch mit den Interferenzerscheinungen, die man bei einer Kristallplatte und dann in einem zweiten Teil mit denjenigen, die man bei zwei übereinander liegenden Kristallplatten bekommt. Er hat bei dieser Arbeit insofern Unglück, als er erst nach Vollendung des ersten Teiles erfuhr, daß die von ihm beobachteten Interferenzerscheinungen, die er für neu gehalten hatte, nicht neu, sondern in der Hauptsache von dem norwegischen Physiker Langberg in Christiana (Oslo) schon entdeckt waren. Es mag für ihn zuerst eine große Enttäuschung gewesen sein, aber er hat sich zur richtigen Auffassung durchgerungen. Er sagt darüber in der Einleitung zum zweiten Teil: „Ich weiß nicht, soll ich es Unglück oder Glück nennen, daß mir diese höchst beachtenswerte Schrift so ganz und gar entgangen ist". Er hat ganz Recht: seine geradezu klassische Darstellung dieser Interferenzerscheinungen war eine vorzügliche Ergänzung der Untersuchungen Langbergs.

5. Mit wenigen Worten nur möchte ich das Werk erwähnen, das ihm schon seit 1829 vorschwebte: seine Molekularphysik. Was er wollte, war, aus einfachen Annahmen über die Form und Größe der Moleküle und Atome und über die zwischen ihnen wirkenden Kräfte auf mathematischem Wege die Erscheinungen des Lichts, der Wärme, der Elektrizität, des Magnetismus und der Kristallbildung abzuleiten. Es würde müßig sein, Vermutungen darüber anzustellen, was dieses Buch für die Physik geworden wäre, wenn Ohm die Vollendung desselben vergönnt gewesen wäre. Es darf aber wohl gesagt werden, daß Ohm bedenklich weit ausgeholt hat: Der schon erwähnte erste Band, der erschienen ist, hat, wie schon erwähnt, den Titel: „Grundriß der analytischen Geometrie im Raume am schiefwinkeligen Coordinatensystem", und sollte das mathematische Handwerkzeug für die nachfolgenden Untersuchungen schaffen; der zweite Teil sollte die Dynamik der Körpergebilde im schiefwinkeligen Koordinatensystem enthalten.

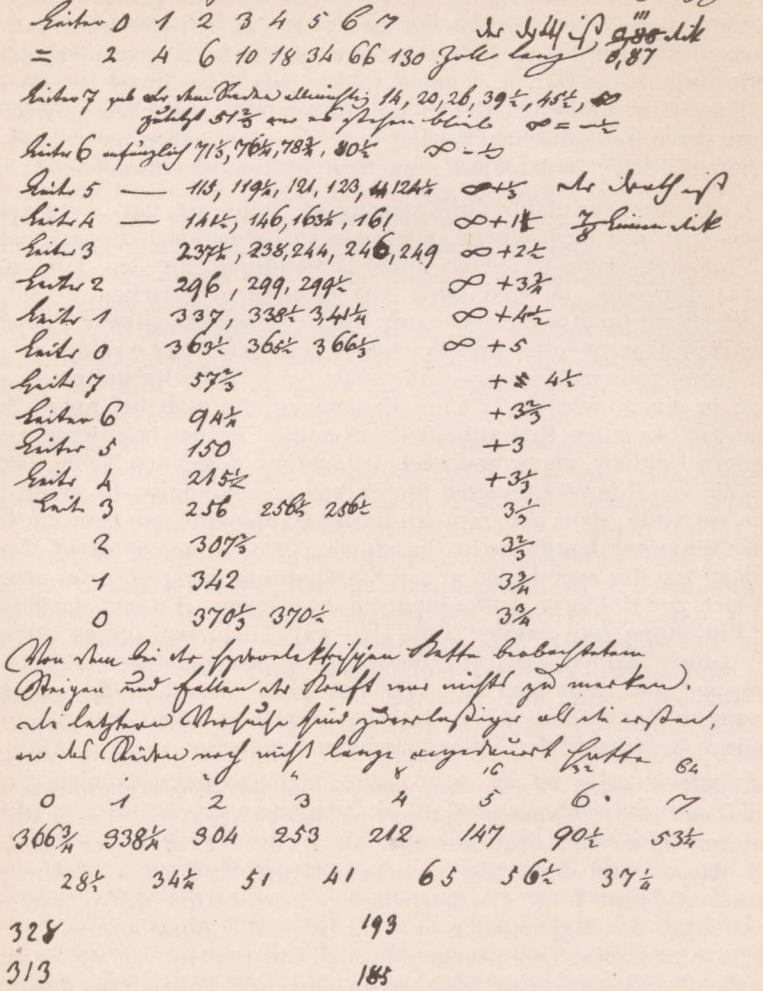


Bild. 3. Die erste Seite vom 8. 1. 1826, die auch seine Beobachtung über den Wegfall des „Wogens der Kraft" enthält
(Aus der Urkunden- und Handschriften-Sammlung des Deutschen Museums, München)

Wenn man an die Entwicklung der Physik seit jener Zeit denkt, so liegt die Befürchtung nahe, daß Ohm das große Werk auch dann nicht hätte vollenden können, wenn ihm noch viel Zeit beschieden gewesen wäre.

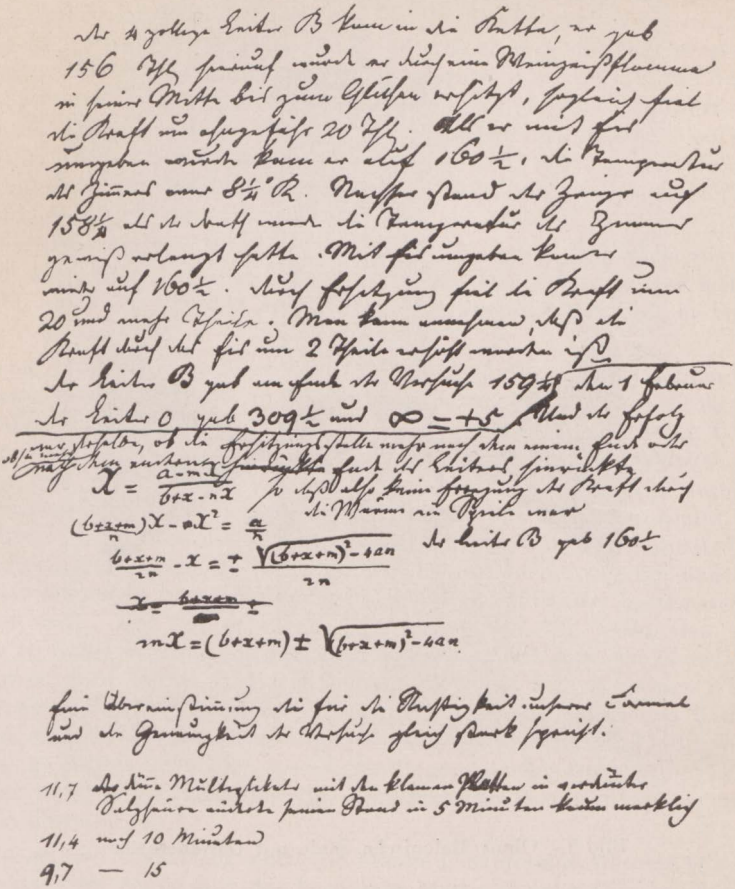


Bild 4. Die letzte Seite vom 22. 1. bis 1. 2. 1826, auf der Ohm sich selbst die Richtigkeit seiner Entdeckung bestätigt

(Aus der Urkunden- und Handschriften-Sammlung des Deutschen Museums, München)

Nach dem Bild, das man von Ohm aus seinen wissenschaftlichen Arbeiten erhält, war er einer der immer seltener gewordenen vielseitigen Physiker, die Experiment und Theorie in gleicher Weise beherrschten und auf den verschiedensten physikalischen Gebieten zu Hause sind. Er war ein Mann, der bei allem, was er anfaßte, in bewundernswerter Weise diejenigen Beziehungen herausfand, die dem ganzen Gebiet eine

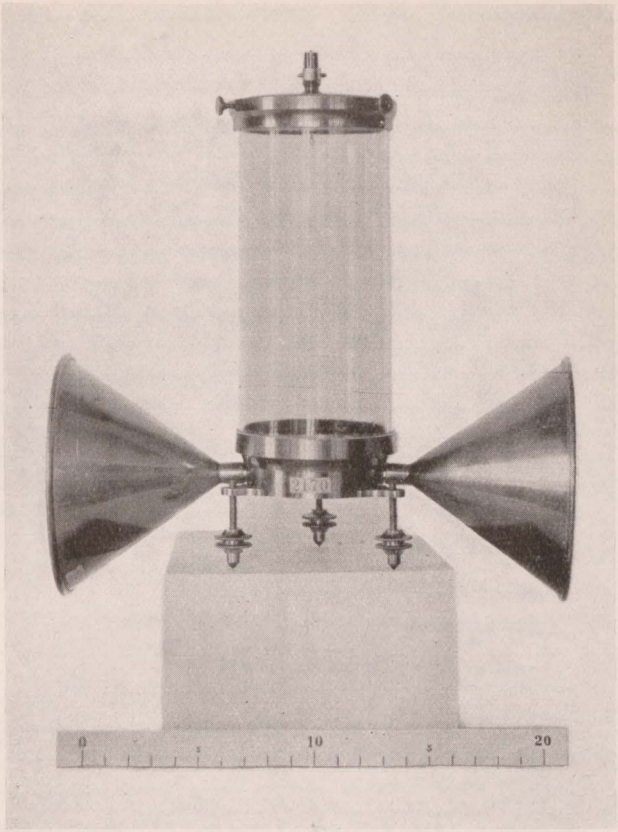


Bild 5. Ohms Melonische Säule mit Galvanometer

feste klare Grundlage gaben und den seine mathematische Schulung befähigte, seine Gedanken und Ergebnisse in musterhaft klarer Form darzustellen.

Persönlichkeit

1. Ohm als Lehrer

Daß Ohm als Lehrer sehr beliebt war, ist von allen möglichen Seiten berichtet. Ein besonders schönes Zeugnis für die Verehrung, die er bei seinen Schülern genoß, ist das kleine Buch, das zur Erinnerung an ihn ein früherer Schüler, der spätere Professor und Rektor *Friedrich Mann,* schrieb. Man bekommt aus diesem Buch ein ungemein an-

ziehendes Bild von den menschlichen und pädagogischen Eigenschaften Ohms, man erfährt, daß Erweckung zur Selbständigkeit der Grundzug seines pädagogischen Wirkens war, und daß er es vorzüglich verstand, stets in persönlicher Fühlung mit seinen Schülern zu bleiben und durch Humor und Witz den Unterricht zu beleben. Ganz ähnlich äußert sich auch ein anderer früherer Schüler, der Professor und Rektor der Technischen Hochschule München, *Max Bauernfeind,* der bei der Jahresschlußfeier dieser Hochschule am 28. Juli 1882 eine ausgezeichnete Gedächtnisrede auf Ohm gehalten hat.

Daß seine Schüler ihn besonders hoch schätzten, geht auch aus der schon erwähnten Tatsache hervor, daß eine Deputation seiner Kölner Schüler nach Berlin fuhr, um ihn zur Rückkehr in das Kölner Gymnasium zu bewegen.

Seine großen Lehrerfolge sind durch eine Reihe von Gutachten des Direktorats seiner Schule und der verschiedensten Behörden bestätigt. Am überzeugendsten hat aber die hohe Wertschätzung für seine Lehrerfolge das Preußische Kultusministerium dadurch zum Ausdruck gebracht, daß es ihm dreimal eine besondere Gratifikation von je hundert Talern genehmigte. In dem Schreiben, in dem das Kölner Konsistorium eine dieser Gratifikationen beantragte, heißt es: „Von den Abiturientenprüfungen am hiesigen Gymnasium hat es sich bisher gezeigt, daß die Schüler desselben im allgemeinen in der Mathematik am besten unterrichtet sind. Der Lehrer dieser Wissenschaften, Dr. Ohm, den wir schon in unseren früheren Berichten Ew. Exzellenz nur von einer vorteilhaften Seite haben schildern können, zeichnet sich in seiner Stelle sehr rühmlich aus. Er verbindet mit seinen sehr gründlichen Kenntnissen eine so zweckmäßige Methode des Unterrichts, daß wir wünschen, es möge demselben eine öffentliche Anerkennung seiner Verdienste zu Teil werden, um ihn dadurch aufzumuntern, in seinem Fleiße fortzufahren."

Aus seinem Unterricht sind eine Menge bedeutender Männer hervorgegangen, von denen nur der berühmte Mathematiker *Lejeune-Dirichlet* und der Astronom und Mathematiker *Eduard Heis* genannt sein mögen. Ohm konnte in einer Eingabe an das Ministerium darauf hinweisen, daß alle Preisbewerbs-Preisträger der mathematischen und physikalischen Aufgaben in Bonn ohne Ausnahme aus der Kölner Schulung durch ihn hervorgegangen waren und dann, daß ein großer besonders guter Teil derselben sich dem mathematisch-physikalischen Lehrfach widmeten, was uns heute bei dem Mangel an Lehramtskandidaten besonders imponiert.

Es besteht für mich auch kein Zweifel, daß Ohm Freude am Unterrichten hatte, wenn er es auch oft lebhaft bedauerte, daß er durch seine Schultätigkeit von wissenschaftlicher Arbeit abgehalten wurde.

Besonderen Spaß machte ihm wohl das Experimentieren. Eine seiner Arbeiten „Beschreibung einiger einfacher und leicht zu behandelnder Vorrichtungen zur Anstellung der Lichtinterferenz-Versuche" schildert einfache und sehr hübsche Demonstrations-Versuche. Es sind eine Reihe von Briefen durch Oberst *v. Füchtbauer* bekanntgeworden, aus denen hervorgeht, daß Ohm in Köln in seinem Laboratorium alle möglichen Apparate instand gesetzt und gebaut und über alle möglichen mechanischen Fragen, z. B. auch die Bereitung von Bernstein-Firnis und ähnliche, mit seinem Vater Briefe gewechselt hat. Daß mechanische Fertigkeiten, die er sich mit der Zeit aneignete, ihn sogar zum Bau einer Kreisteilmaschine befähigten, soll besonders betont werden. Ich fürchte, daß heute die meisten, nicht nur Physiker, sondern auch Mechaniker die Hände davon lassen würden.

Als besonders schlagender Beweis dafür, wie sehr Ohm sich durch pädagogische Aufgaben angezogen fühlte, darf man wohl auch sein letztes Werk, seine „Grundzüge der Physik" auffassen. Obwohl Ohm selbst in einem Brief schreibt, er habe „von jeher einen Widerwillen gegen die Ausarbeitung eines Leitfadens der Physik" empfunden, hat er sich doch augenscheinlich allmählich mit Lust und Liebe in dieses Lehrbuch hineingearbeitet. Wenn man dieses bis ins einzelnste ausgearbeitete und ausführliche Lehrbuch liest, so kann man sich des Gedankens nicht erwehren, daß dieses Buch, das vielleicht ursprünglich durch seinen Münchener Hörsaal erzwungen war, allmählich Selbstzweck geworden ist und Ohm nicht nur viel Arbeit, sondern auch viel Freude gemacht hat.

2. Anerkennung Ohms

Es war ein tragisches, von Ohm stets schwer empfundenes Geschick, daß er seinen sehnlichsten Wunsch, Professor an einer Universität zu werden, trotz aller Anstrengungen erst im Alter von sechzig Jahren erreicht hat, in einem Alter, in dem er nicht mehr die Frische der früheren Jahre besaß. Man hat für den Mangel an Anerkennung vielfach, um es kurz auszudrücken, die Verständnislosigkeit der damaligen Behörden und Ministerien und den Stumpfsinn der deutschen Physiker verantwortlich gemacht. Die Möglichkeit des „audiatur et altera pars" ist uns verschlossen. Aber lassen Sie mich doch auf eine Reihe von Tatsachen hinweisen, die vielleicht geeignet sind, auch diese „andere Seite" etwas zu beleuchten.

In dem Buch, das Oberstudienrat *Hartmann* unter dem Titel „Aus Georg Simon Ohms handschriftlichem Nachlaß" geschrieben hat und das eine Menge wertvoller Urkunden enthält, sind 13 Eingaben Ohms an den König von Bayern, 13 an Schulbehörden, Konsistorien usw., 9 an Ministerien wiedergegeben. Sehr viele derselben enthalten seinen Wunsch, eine Professur an einer Universität zu bekommen. In vielen

zeigt sich ein sehr ausgesprochenes wissenschaftliches Selbstbewußtsein. Ohm war noch kaum ein Jahr in Köln, als er (am 15. Dezember 1818) an das Konsistorium eine Eingabe richtete, es möge beim Unterrichtsministerium beantragen, daß er in die Zahl „der um eine Lehrstelle der Mathematik an einer der Landesuniversitäten sich Bewerbenden" eingereiht werde. Er konnte damals an Verdiensten nur auf sein Lehrbuch „Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie etc." hinweisen, das man wohl kaum als eine wissenschaftliche Leistung betrachten kann, gleichgültig, wie man seinen pädagogischen Wert beurteilt. Ein zufriedener Mensch und bequemer Beamter war Ohm bestimmt nicht. Es ist heute nicht möglich zu beurteilen, ob er seinen Zweck nicht rascher erreicht haben würde, wenn er weniger Eingaben gemacht hätte. Die eben genannte Eingabe Ohms war vom Kölner Konsistorium mit sehr anerkennenden Worten und dem Bedauern, Ohm unter Umständen verlieren zu müssen, an das Ministerium weitergegeben worden. Das Ministerium ließ von dem Geometriebuch, auf das sich Ohm berufen hatte, durch einen Berliner Universitätsprofessor Dr. *Tralle* ein Gutachten ausstellen, das wenig günstig ausfiel, im übrigen aber nicht sehr für den Gutachter einnimmt. Erst dann entschied das Ministerium: Die Schrift Ohms sei nicht so, daß aus ihr die Qualifikation des Verfassers zu einer Professur der Mathematik auf einer Universität sich entnehmen ließe. Das Ministerium, das übrigens die Brauchbarkeit und die Verdienste des pp. Ohm als Gymnasiallehrer gern anerkenne, müsse wünschen, daß er in seinem bisherigen Wirkungskreise so lange verbleibe, bis er seinen Beruf zu einer Professur auf einer Universität hinreichend dargetan habe. Man kann dieser Entscheidung die Berechtigung nicht absprechen. W i r wissen heute, daß der kleine Mathematiker, der den Antrag stellte, später das Ohmsche Gesetz entdeckt hat. Aber man kann selbst von einem Ministerium nicht verlangen, daß es das damals schon voraussah.

In den Schriften über Ohm wird ein Geheimrat *Schulze* vom Kultusministerium nicht sehr freundlich behandelt. Insbesondere soll eine Unterredung, die Ohm mit ihm hatte, Ohm endgültig zu dem Entschluß gebracht haben, seine Kölner Stelle aufzugeben. Auf der anderen Seite ist aber von diesem Geheimrat *Schulze* ein Entwurf zu einem Schreiben an den Kultusminister erhalten, in dem es unter anderem von Ohm heißt: „Dem Herrn Minister . . . . vorzulegen mit dem ganz gehorsamen Bemerk, daß bei dem günstigen Urteil, welches der Professor *Kaemtz* über die neueste Schrift des Oberlehrers Dr. Ohm gefällt hat, es sehr wünschenswert scheint, den letzteren in einen Wirkungskreis zu versetzen, welcher mehr als sein bisheriger bei dem Gymnasio in Köln seinen wissenschaftlichen Bestrebungen entspricht". Und weiter: „Er hatte in dem diesseitigen Referate elf Jahre hindurch mit

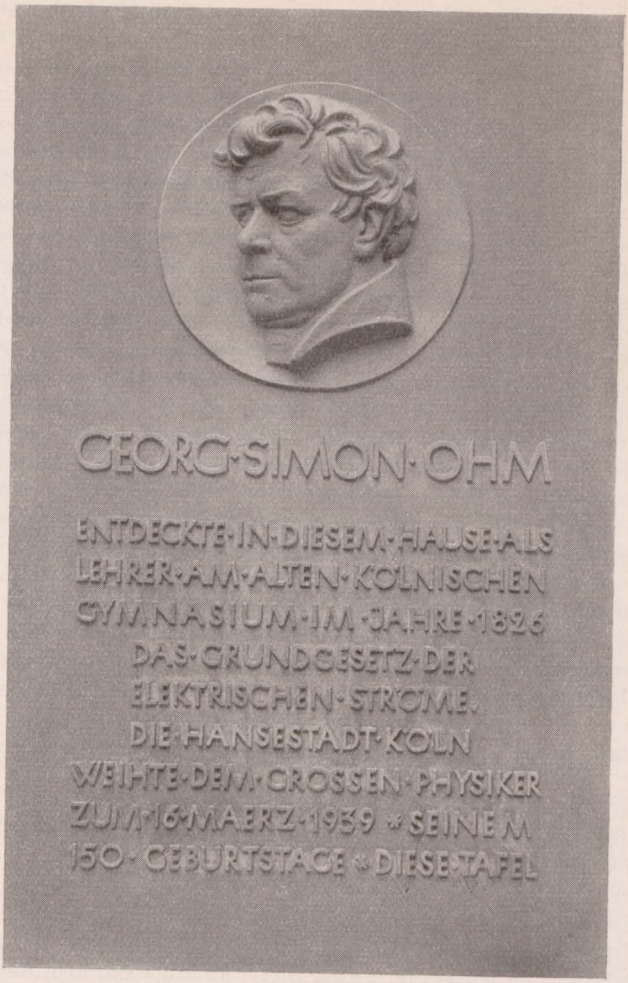


Bild 6. Gedenktafel am Alten Kölnischen Gymnasium in Köln, die am 16. März 1939 enthüllt wurde

Auszeichnung gedient, ohne mit Ausnahme des ihm gewordenen einjährigen Urlaubs irgendeine weitere Vergünstigung erhalten zu haben, er ist ein Mann von edlem Charakter, aber eine streng in sich zurückgezogene Persönlichkeit, welche ihren Wert kennt und mit Entschiedenheit auftritt. Sehr schmerzlich würde ich es empfinden, wenn sein beigeschlossenes Gesuch vom 15. Mai d. J. ganz unberücksichtigt bliebe".

Es werden dann die Schwierigkeiten geschildert, Ohm in Berlin oder an einer anderen Universität unterzubringen. Am Schluß heißt es dann: „es bleibt kaum ein anderer Ausweg übrig als der, ihn für jetzt ohne Besoldung zum außerordentlichen Professor bei der hiesigen philosophischen Fakultät der hiesigen Universität zu ernennen und abzuwarten, ob und inwieweit er sich als akademischer Dozent bewähren werde. Durch seine bisherigen Leistungen und den vorzüglichen Schülern, die er in Köln gezogen hat und wozu auch Dr. *Dirichlet* in Breslau gehört, ist ein günstiger Erfolg seiner Wirksamkeit bei der Universität kaum zu bezweifeln". In diesem Schreiben ist auch der Vorschlag enthalten, Ohm die Stelle an der Kriegsschule zu übertragen. Die Entschließung, in der Ohm auf seinen Wunsch von der Kölner Stelle enthoben wird, ist ebenfalls höchst anerkennend gehalten. Sie lautet: „Dem in Ihrer Vorstellung vom 15. d. M. wiederholten Wunsch gemäß will das Ministerium Sie von der am Katholischen Gymnasium in Köln bisher bekleideten Lehrstelle hierdurch entlassen und Ihnen zugleich seine ganz besondere Zufriedenheit bezeigen über den Fleiß, die Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit, mit der Sie Ihren Obliegenheiten in der ebengedachten Stelle auf eine ausgezeichnete Weise genügt haben, weshalb das Ministerium das königliche Konsistorium und Provincial-Schulkollegium in Koblenz ermächtigt hat, Ihnen die Hälfte Ihrer bisherigen Besoldung noch nachträglich vom 1. Oktober vorigen Jahres ab bis letzten März laufenden Jahres zahlen zu lassen. Ungeachtet der aufrichtigen Achtung, welche das Ministerium für Ihr wissenschaftliches Streben hegt, sieht es sich dennoch für jetzt mit Bedauern außer Stande, Ihnen einen anderweitigen, Ihren Wünschen mehr entsprechenden Wirkungskreis außerhalb des Gymnasiallehrerfaches anzuweisen; auch ist es wegen Mangels an allen geeigneten Fonds nicht tunlich, Ihnen bis zu dem Zeitpunkt, wo das Ministerium Ihnen einen anderweitigen Wirkungskreis wird eröffnen können, ein Wartegeld oder eine außerordentliche Remuneration zuzusichern." Man bekommt durchaus nicht den Eindruck, daß beim Kultusministerium in Berlin eine besondere Abneigung gegen Ohm bestand.

Wenn diese Auffassung richtig ist, so fällt auch die Vermutung, daß Ohm das Opfer der Hegelschen Richtung geworden sei, die damals die Philosophie der Universitäten beherrschte. Die Gutachten, die von den verschiedensten Physikern über Ohmsche Arbeiten erstattet wurden, geben nicht den geringsten Anhalt, daß die Physiker von dieser Richtung, die doch von keinem Naturwissenschaftler ernst genommen werden konnte, angekränkelt gewesen seien. Merkwürdig mutet uns eine Stelle an in einem Gutachten über „die galvanische Kette" Ohms, das der Professor und Konservator Dr. *Siber* in München erstattete. Es heißt darin: „Wenn auch schon im ersten Augenblicke nur von einer Hypothese ausgegangen und die geistige Wirkungsweise der Natur

vorerst zurückgesetzt werden muß, so hat ein solcher Versuch immer seinen Wert; denn hat der Mathematiker vorerst die Erscheinung berechnet und für sie allgemeine Formeln gegeben, dann ist dem Experimentator der Weg, den er gehen soll, vorgezeichnet und der Philosoph wird später den Geist des niedergelegten Buchstabens aufzufinden wissen". Jeder Experimentalphysiker wird den unfreiwilligen Humor dieses letzten Satzes zu schätzen wissen. Aber um einen Hegelschen Einfluß handelt es sich dabei nicht: sonst würde die Philosophie an erster und die Mathematik und Physik erst an zweiter und dritter Stelle stehen.

Es ist sehr wohl möglich, daß in den Jahren 1828 bis 1833, die Ohm in Berlin zubrachte, keine geeignete Stelle an einer Universität frei war. Und später, als er die Professur am Polytechnikum in Nürnberg innehatte, mag man den Eindruck gehabt haben, daß er nun seinen Wunsch erreicht habe, obwohl das eine Verkennung der Sachlage bedeutete, da das Polytechnikum in Nürnberg eine Mittelschule, nicht eine Hochschule war.

Was die Beurteilung der Arbeiten Ohms durch die deutschen Physiker betrifft, so wurde ihre Bedeutung verhältnismäßig bald von *Fechner* in Leipzig, von *Pfaff* in Erlangen und *Poggendorff* in Berlin u. a. in ihrem vollen Umfang anerkannt. Alle Gutachten, die die Ministerien von Physikern über Ohms Arbeiten einholten, sind durchaus anerkennend gewesen. Wenn ein junger und etwas anmaßender Berliner Physiker, namens *Pohl,* eine sehr abfällige Kritik über die galvanische Kette veröffentlichte, so stand er damit allein; so viel ich weiß, ist von ihm auch nicht viel mehr als eben diese Kritik auf die Nachwelt gekommen.

Richtig ist, daß die Arbeiten Ohms über den elektrischen Stromkreis verhältnismäßig lange brauchten, um allgemeine Beachtung zu finden. Man darf dabei aber zweierlei nicht vergessen.

Auf das eine ist schon hingewiesen worden. Ohm hatte zuerst eine Arbeit veröffentlicht, in der ein unrichtiges Gesetz angegeben war, mit dem aber seine Messungen sehr gut stimmten. Dann kann die Arbeit mit dem richtigen Gesetz, das wieder im vollen Einklang mit seinen neuen Messungen war. Man mag dadurch doch etwas stutzig geworden sein und mancher mag sich gefragt haben, ob nicht über kurz oder lang eine dritte Arbeit mit einem dritten Gesetz erscheinen würde, das wieder die Messungen gut wiedergeben würde.

Der zweite Punkt ist, daß das Ohmsche Gesetz keine Entdeckung war, die unter den damaligen Verhältnissen weite Kreise interessierte. Irgendeine praktische Verwendung hatten die galvanischen Elemente, abgesehen von den Anfängen der Telegraphie, kaum gefunden. Maschinen nach dem von *Faraday* entdeckten Induktionsprinzip gab es

erst zwei Jahrzehnte später. Die elektrischen Ströme waren deshalb kein Gebiet, das Bedeutung für die Allgemeinheit gehabt hätte. Als im Jahre 1881 der internationale Elektrotechniker-Kongreß in Paris beschloß, die Einheit des elektrischen Widerstands Ohm zu Ehren „ein Ohm" zu nennen, waren die Verhältnisse ganz anders: damals war das elektrische Zeitalter schon angebrochen. Ohms Entdeckung war eben nicht von der Art wie etwa diejenigen von *Röntgen* oder *Heinrich Hertz*, die sofort überall einschlugen. Auch die Theorie des großen englischen theoretischen Physikers *Maxwell* ist ein Jahrzehnt lang fast unbeachtet geblieben, obwohl seine Gleichungen eine Entdeckung darstellten, die heute die unbestrittenen Grundlagen der makroskopischen elektromagnetischen Erscheinungen sind. Es ist ganz verständlich, daß das Interesse für diese Dinge erst allmählich erwachte. Und wenn darauf hingewiesen wird, daß die Royal Society die Bedeutung zuerst erkannt habe, so ist das nach dem früher Ausgeführten nicht ganz richtig und außerdem erfolgte es im Jahre 1841. Wollte man also bösartig sein, so könnte man sagen, daß die Royal Society auch 14 Jahre gebraucht habe, um die Bedeutung des Ohmschen Gesetzes ganz zu erfassen.

Daß zwei Jahrzehnte lang Ohms sehnlichster Wunsch nach einer Professur an einer Universität nicht in Erfüllung gegangen ist, wird jeder bedauern. Man kann über die Gründe verschiedener Meinung sein. Aber keine Meinungsverschiedenheit kann darüber bestehen, daß unsere Bewunderung für die Leistungen und die Persönlichkeit Ohms nur erhöht werden kann durch den Gedanken daran, daß er die Zeit für seine wunderbaren Arbeiten einem anstrengenden Beruf abringen mußte. Ich habe auch heute unbegrenzte Hochachtung für die Lehrer, die trotz ihres anstrengenden Berufes die Idealität und Energie zu wissenschaftlicher Tätigkeit aufbringen können.

3. Äußere Erscheinung

Über die äußere Erscheinung Ohms schreibt sein Schüler *Mann* in der schon erwähnten Schrift: „Entschieden ausgeprägt erschien bei ihm das anspruchslos Schlichte, zugleich aber auch das männlich Feste, das markig Energische. Er war mittelgroß, gedrungen, in stets aufrechter Haltung. Gebückt konnte man sich diese Mannesgestalt kaum vorstellen. Sein Auftreten war fest, sein Gang rasch und elastisch.

Die hohe breite Stirn verriet den scharfen Denker; die großen Augen nach außen geiststrahlend und beherrschend, als ob sie nach innen blickten. Der Mund schien mehr fein beweglich als fein geschnitten und in seinen Winkeln trieben gar oft die Geister des Witzes, der Satyre ihr mimisches Spiel. Das bartlose, weder magere noch übervolle Gesicht machte im Grade entfernter Familienähnlichkeit den Eindruck einer Martin-Luther-Physiognomie.

Angetan mit einem langen dunkelblauen Rock, in dessen einer Seitentasche die fleißig benutzte Schnupftabaksdose untergebracht war, schritt er im Lehrsaale umher; nur selten dozierte er vom Katheder aus. Dabei entwickelte er, obwohl im reiferen Mannesalter, eine Lebhaftigkeit und eine Fülle der Stimme, wie dies sonst nur der strotzenden Kraft des Jünglings eigen ist."

„Ohm war und blieb Junggeselle. Nicht aber, daß er der Schar jener einsam dastehenden, aus Schrullen zusammengesetzten Sonderlinge angehört hätte —, er blieb sein Leben lang das, was der Laut des Wortes sagt, ein „Jung-Geselle"."

„Aecht deutsche Familieninnigkeit verband ihn mit seinen Verwandten, mit seinen Freunden, mit seinen Schülern — und die ewig junge Wissenschaft, die in strahlender Schöne ihn stets umschwebte, war ihm Geliebte und Braut."

„Daß aber diesem hochidealen Familiengemälde das drastisch realistische Gegenbild nicht fehlte, dafür war durch ein Tierstück gesorgt, nämlich durch den treuen Begleiter seines Herrn, durch Spitz „Wackl", von dessen Intelligenz Ohm zuweilen allen Ernstes behauptete, daß sie derjenigen manches seiner Schüler nahezu gleichkomme, während wir uns berechtigt hielten, in diesem Vierfüßer die verkörperte Kehrseite der pädagogischen Erfolge des Meisters zu erblicken, indem Wackl arg verzogen war."

Ohm ist mit seinem Vater, solange dieser lebte, besonders verbunden gewesen. Geradezu rührend ist, daß er seinem Vater in seinem ersten Buch „Über die Grundlinien zu einer zweckmäßigen Behandlung der Geometrie etc." ein Denkmal der Dankbarkeit und Verehrung gesetzt hat, so wenig der sonstige Inhalt des Buches an sich dazu Anlaß bot. Bekannt ist auch, daß er seinen Vater, als es ihm finanziell nicht gut ging, von Köln aus dauernd unterstützte. Es ist keine schlechte Methode, den Charakter eines Mannes danach zu beurteilen, in welchem Verhältnis er zu seinen Eltern stand. Wenn man dieses Kriterium auf Ohm anwendet, so schneidet er also sehr gut ab. — — — —

Ich hoffe, Ihnen durch meine Ausführungen gezeigt zu haben, daß es nicht übertriebene Feierfreudigkeit ist, wenn wir uns heute an den 150. Geburtstag von Ohm erinnern. Wir haben allen Grund, die Erinnerung an diesen Mann hoch zu halten, der unter großen Schwierigkeiten aus Begeisterung für die Wissenschaft Werke hervorgebracht hat, die heute auf der ganzen Welt bekannt sind und in Hunderten von Jahren noch bekannt sein werden. Wir dürfen stolz auf ihn sein als Deutsche und Sie als Kölner dürfen sich rühmen, daß er in Ihrer Stadt sein wichtigstes Werk geschaffen und seine schönsten Jahre verlebt hat.

Zusammenfassende Berichte über Ohm

Gesammelte Abhandlungen von G. S. Ohm, herausgegeben und eingeleitet von Dr. *E. Lommel.* Leipzig 1892

Mann, Friedrich, Georg Simon Ohm, Beiträge zum Charakterbild des großen Physikers, Erlangen und Leipzig 1890

Bauernfeind, C. M. von, Gedächtnisrede auf Georg Simon Ohm, den Physiker, München 1882

Hartmann, L., Aus Georg Simon Ohm's handschriftlichem Nachlaß. Briefe, Urkunden und Dokumente, München 1927

Füchtbauer, Heinrich Ritter von, Georg Simon Ohm. Ein Forscher wächst aus seiner Väter Art, Berlin, VDI-Verlag 1939

Georg Simon Ohm als Lehrer und Forscher in Köln 1817 bis 1826, Festschrift zur 150. Wiederkehr seines Geburtstages, Köln 1939

Die Druckschrift unter dem Einfluß der Technik

Von *Ernst Roselius*, Bremen[1])

Zur Einführung:
Die geistigen Verkehrsmittel

Die Wortsprache

Der Mensch ist ein soziales, das heißt in der Gemeinschaft lebendes Wesen. Er ist auf den Austausch von Mitteilungen angewiesen. Dazu bedient er sich, zum Unterschied von anderen Lebewesen, der *Wortsprache*. Das gesprochene Wort aber ist flüchtig, seine Reichweite begrenzt. Eine mechanische Übertragung der Sprache gab es in früheren Zeitaltern nicht, und das Weitergeben von Mund zu Mund veränderte den Sinn der Gedanken.

Die Schrift

Ein wichtiges Mittel der Mitteilung wurde deshalb in Jahrtausenden die Schrift. Durch sie wurde es möglich, Gedanken wörtlich festzuhalten und sie über Raum und Zeit hinaus weiterzugeben.

„Ihre allgemeinste Wirkung ist, daß sie die Sprache fest heftet und dadurch ein ganz anderes Nachdenken über dieselbe möglich macht, als wenn das verhallende Wort bloß im Gedächtnis eine bleibende Stätte findet", sagt Wilhelm von Humboldt in seiner Abhandlung über die Buchstabenschrift.

Von ihren drei Erscheinungsformen: der Bilderschrift, der Begriffszeichenschrift und der Buchstabenschrift (Lautzeichen) ist im Abendlande die letztere in Gebrauch, die sich durch Zerlegung der Worte in Lautzeichen jedem Gedanken anzupassen vermag.

---

[1]) Dr. Ernst Roselius ist Referent am Institut für Zeitungswissenschaft der Universität München; die graphischen Beispiele zeichnete Herbert Arnold, Bremen.

Vervielfältigung

Aber auch die geschriebene Schrift als geistiges Verkehrsmittel hat ihre Grenzen. Handschriften, wie die Mönche sie in ihren Klosterzellen anfertigten, konnten nur in begrenzter Zahl abgeschrieben werden und waren schwierig und kostspielig zu beschaffen. Man suchte daher nach Verfahren zur weiteren Vervielfältigung der Schrift, und lange vor Gutenberg waren mancherlei Druckverfahren bekannt, von denen der Stempeldruck uns noch heute geläufig ist. Am häufigsten wurden Schablonen und Druckstöcke benutzt, bei denen man die Buchstaben in Spiegelschrift aus der Holztafel herausgeschnitten hatte.

Buchdruck

Um 1440 erfand Gutenberg den *Buchdruck* mit beweglichen Lettern, eine Technik, die es gestattet, Schriften in beliebiger Anzahl und mit größter Treue zu vervielfältigen. Kurz vorher war das vervielfältigte Bild als Holz- und Metallschnitt entstanden. Damit waren die technischen Möglichkeiten der getreuen Vervielfältigung unbegrenzt geworden. Durch die vereinheitlichende Wirkung, die die allgemeine Verbreitung geistiger Erzeugnisse im Druck auf die Sprache ausübte — Luthers Bibelübersetzung —, entstand die neue deutsche Schriftsprache. Durch sie wurden allmählich die Menschen sich ihrer als Volk bewußt. Die Vervielfältigungstechnik hatte durch den Buchdruck ungeahnte Möglichkeiten erreicht. Der nächste Schritt fiel der Verbreitungstechnik zu.

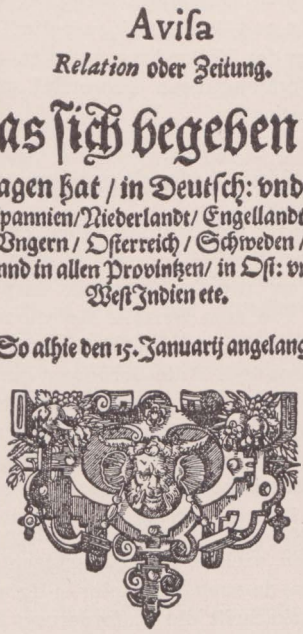
Zur regelmäßigen Verbreitung von Mitteilungen in die Ferne gab es Post- und Botenlinien. In der Natur dieser Einrichtung lag es, daß der Hauptgegenstand dieser Übertragung *Nachrichten* waren: Mitteilungen über *Neuigkeiten,* die im sozialen Leben mehr oder minder von Bedeutung sind und dem Leser Kenntnis von den Geschehnissen der Umwelt vermitteln. Schon im Altertum wurden Nachrichten regelmäßig verbreitet, und kurz nach der Erfindung des Buchdrucks entstanden Einblattdrucke mit Neuigkeiten. Je mehr der Postverkehr verbessert wurde, desto regelmäßiger konnten auch Nachrichten verbreitet werden.

Erste Zeitungen

Im Jahre 1609 erschien zu Augsburg die erste regelmäßig gedruckte „Avisa, Relation oder Zeitung" als Wochenblatt, im Jahre 1615 die Frankfurter Oberpostamtszeitung als erste Tageszeitung. In den folgenden Jahrzehnten tauchten Zeitungen auch in England, Frankreich, Italien auf. Um die Mitte des 17. Jahrhunderts lassen sich schon Zeitungen und Zeitschriften unterscheiden. Langsam verbessern sich die regelmäßigen Postlinien der Nachrichtenübermittlung, aber bis in das 19. Jahrhundert hinein waren Postreiter, Postkutsche und Segelschiff die einzigen Träger dieser Übermittlung, bis Eisenbahn, Dampfschiff, Flugzeug, Telegraf, Telefon und Radio erschienen.

Das 19. Jahrhundert brachte auch wieder Fortschritte der Drucktechnik: die Schnellpresse, den Steindruck, das Lichtbild, den Rasterdruck, den Umlaufdruck und die Setzmaschine. *Fortschritte*

Zur verbesserten Technik der Vervielfältigung kommt die neue Technik der Übertragung und die Organisation der Verbreitung: die Nachrichtenvermittlung über den Draht, durch den Fernschreiber und Fernsprecher, die drahtlose Übertragung von Wort, Bild und Ton.


Avisa I.

Relation oder Zeitung.

Was sich begeben vnd zugetragen hat / in Deutsch: vnd Welschland/Spannien/Niederlandt/ Engellandt/ Franckreich/ Vngern / Osterreich / Schweden / Polen/ vnnd in allen Provintzen/ in Osi: vnnd West Indien etc.

So alhie den 15. Januarij angelange.

Gedruckt im Jahr/ 1609.

Mit der Vervollkommnung der Zeitung waren Nachrichten eine begehrte Ware geworden (Rothschild hatte durch die einzige Nachricht der Schlacht von Waterloo viele Millionen verdient). Zwischen 1840 und 1850 entstanden dann Nachrichtenstellen, die bald ihr Kabelnetz über die ganze Welt spannten. Unter ihnen Havas (1840), AssociatedPress (1848), Reuter (1851) und Wolff's Büro (1849, das heute im Deutschen Nachrichtenbüro aufgegangen ist. Diese vier Agenturen allein bedienen heute Tausende von Zeitungen mit rund 100 Millionen Lesern. Zum Ausbau des Nachrichtennetzes kam die verbesserte Vertriebsorganisation der einzelnen Zeitungen. Immer schneller wurde der Weg von der Zeitung zum Leser. Eine Nachricht, die früher in Monaten über den Ozean kam, erreicht uns in Sekunden. Durch die Vervielfältigungs- und Übertragungstechniken des Bildes, des geschriebenen und gesprochenen Wortes ist es möglich geworden, gleichzeitig zu Millionen Menschen zu sprechen.

Volksbildung Je mehr die Nachrichtenverbreitung zum Mittel der Massenbeeinflussung wurde, desto stärker wurde das Bedürfnis der Verbreitenden, die Aufnahme aller zu finden. Der einfache Mann mußte lesen lernen, um Gedrucktes zu verstehen. Erst mit dem 19. Jahrhundert wurde diese Erziehung so allgemein, daß Analphabeten heute in den Kulturländern eine Seltenheit sind. Es war nunmehr notwendig geworden, das Verständnis Aller zu erleichtern durch geistige Vereinfachung. Ein Weg dazu war die größere Verbreitung der Zeitung, ein anderer die Wiedergabe in Bild und Ton. Damit war die Technik der Massenbewegung in ein Stadium der Vollendung getreten, welches im sozialen Leben tiefgehende Veränderungen hervorrief und zu ganz neuen Regierungsformen führte.

Neue Anforderungen an die Druckschrift

Druckarbeit Im Zuge dieser Entwicklung haben Zeitung und Zeitschrift neben dem Buche als geistige Verkehrsmittel größte Bedeutung erlangt. Das mußte sich auch auf die Drucktechnik auswirken. Viele Vervielfältigungsverfahren, wie zum Beispiel Rotations- und Offsetdruck, wurden in erster Linie für Zeitung und Zeitschrift erfunden. Auch an die Schriften wurden besondere Anforderungen gestellt. Sie durften nicht zu fett sein und mußten auf saugendem Papier gedruckt werden, damit die Druckfarbe schneller trocknete. Die Haarstriche durften nicht zu fein sein, da sie sonst beim Matern und in der Rotationsmaschine leicht beschädigt werden konnten.

Lesbarkeit Da Zeitungen und Zeitschriften selten im ruhigen Studierzimmer gelesen wurden, vielmehr oft bei schlechtem Licht und in rüttelnden Verkehrsmitteln, da auch das Papier billig und selten ganz weiß war, wurde an die Druckschrift die Anforderung besonders guter Lesbarkeit gestellt. Die Buchstaben mußten einfach und klar unterscheidbar sein. Die Masse des heute Gelesenen verlangt gebieterisch die Schonung der Augen, soll nicht die Kurzsichtigkeit als Kulturkrankheit allgemein werden.

Die Druckschriften abendländischer Prägung werden mit der Feder geschrieben und danach in Metall geschnitten. Gegen Ende des vorigen Jahrhunderts entstanden jedoch Schriftmoden, die unter dem Eindruck der technischen Entwicklung den organischen Charakter der Federtechnik verleugneten. Da die Federschrift aber auch gewisse Anforderungen an die Leserlichkeit am besten erfüllt, stellt man heute wieder neben der geforderten Lesbarkeit und Druckbarkeit der Schrift auch die Forderung der Schreibbarkeit auf.

Zu diesen *technischen* Forderungen treten die *psychologischen* der Gewohnheit und des Ausdruckswertes. Ein Buchstabe mag noch so klare Formen haben: wenn sein Gesicht uns nicht vertraut ist, „stolpern" wir, d. h. wir brauchen eine gewisse Zeit, den Bruchteil einer Sekunde, zum Wiedererkennen. Das aber stört beim Lesen. Um den Lesevorgang zu erleichtern, müssen daher Schriften verwandt werden, die von den gebräuchlichen sog. Brotschriften so wenig wie möglich abweichen.

Warum ist schnelles und leichtes Lesen erforderlich? Weil der Zeitungsleser sich kaum jemals die Zeit nehmen kann, sein Blatt ganz durchzulesen. Durch übersichtliche Anordnung, zweckmäßig gewählte Spaltenbreite und lesbare, vertraute Schrift wird der Lesevorgang beschleunigt.

Ausdruckswert

Zu den psychologischen Faktoren in der Schrift gehört neben der Gewohnheit der Ausdruckswert. Wie Lautstärke und Tonfall dem Gesprochenen, so geben *Schriftgrad* und *Schriftart* dem Gedruckten Betonung und Ausdruck.

Die *Betonung* wird durch *quantitative* Mittel erreicht: starke Überschriften, große und fette Schriften zeigen die verhältnismäßige Bedeutung des Inhaltes an. Deshalb ist es sinnlos, unbedeutende Inhalte durch große und starke Schriften besonders auszuzeichnen, da sonst das Vertrauen des Lesers zu diesen Mitteln verloren geht.

Die *qualitativen* Ausdrucksmittel werden durch die verschiedenen Schriftgattungen und -Arten gegeben. Die Ausdruckswerte der „alten Schwabacher" und der „Futura" sind völlig verschieden. Es ist ebenso sinnlos, den Handelsteil einer Zeitung in poesievoller Schrift, mit reichem eigenen Ausdruckswert zu setzen, wie ein Gedicht in den nüchternen Formen einer Groteskschrift.

Aufmachung

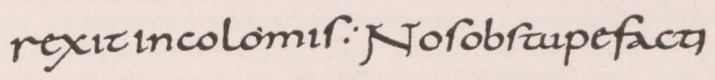
Während in den gewöhnlichen „Brotschriften" keine große Abweichung vom Üblichen möglich ist, lassen sich in den Auszeichnungsschriften weit größere Möglichkeiten des Ausdrucks erreichen. Es gibt grobe und feinfühlige, stille und schreiende Schriften, die einer Zeitung besonderen Charakter geben. Eine technische Begrenzung liegt in der Spalten- und Seitenbreite. Um eine Anpassung zu ermöglichen, mußten Schriften verschiedener Weite geschaffen werden. So ist die Entwicklung der Druckschrift heute vom Zeitungs- und Zeitschriftenwesen nicht mehr zu trennen und geht Hand in Hand mit der Augenhygiene und der Druck- und Umbruchtechnik.

1. Schreiben, Drucken, Lesen

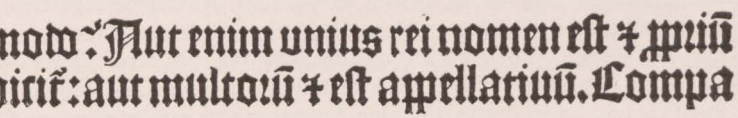
Entwicklung der Druckschrift

Geschriebene Schrift

Die gedruckte Buchstabenschrift ist aus der geschriebenen entstanden. Die abendländischen Druckschriften wurden von Anbeginn mit der Feder geschrieben und danach in Holz oder Metall geschnitten. Während die Griechen und Römer ihre Gebrauchsschriften noch mit dem Griffel in Wachstafeln ritzten oder in Stein meißelten und die alten Germanen sie in Runenstäbe („Buch-Stabe") schnitten, trat bei den Byzantinern der Schreibgriffel immer mehr seine Herrschaft an die *Feder*, an Vogelpose und Rohrfeder, ab. So entstanden die Wechselzüge der spätgriechischen Schrift. Auch die Lateinschrift im Westen näherte sich den runderen Zügen des Griechischen an und entwickelte sich zur Unzialschrift, die während des frühen Mittelalters allgemein wurde und sich in den klösterlichen Schreibstuben weiterbildete. Die Schrift der *Karolingerzeit* kennt schon kleine und große Buchstaben. Im 13. Jahrhundert ging die runde Unzialschrift in die eckigen Züge der *„Gotischen"* Schrift über.



Karolingische Minuskel (9. Jahrhundert)



Gotische Textur, ähnlich der Gutenberg-Bibelschrift

Erste Druckschriften

Die gotische *Textur* war es, die Gutenberg vorfand und aus der um 1440 die ersten Druckschriften gestaltet wurden. Neben der gotischen Gitterschrift war die geläufigere *rundgotische* Schrift in Gebrauch. Am nächsten unter den modernen Schriften kommt den Druckschriften des 15. Jahrhunderts eine Wiederbelebung dieser alten „Rotunda", die „**Wallau**" von Rudolf Koch. Die älteste deutsche Schrift, die sich im

Gebrauche fast unverändert erhalten hat, ist die Original-Schwabacher, die bald nach 1500 aufkam.

Si volet hec eadem fies de cõſule rhetor.
Quicquid amor iuſſit nõ eſt cõtẽdere tutũ

Rotunda von Ratdolt 1486

Sereniſſimo Dominio Venetiano, con ogni debita cura di-
moſtrato a fare diuerſe Partite di ragione mercantile con

Venezianische Kursiv nach 1500

Fraktur

In der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts entstand dann die heutige deutsche Fraktur, deren Entwicklung, vor allem durch Schönsperger und Neudörfer, um 1530 vollendet war — gerade um die Zeit, als Luthers Bibelübersetzung die deutsche Sprache zur Vollendung führte. Es verdient bemerkt zu werden, daß die Vorläuferin der Fraktur, die Textur, vor der sog. Antiqua bestand und daß das erste Buch, das 1474 in England erschien, in dieser Altfraktur gedruckt wurde. Ebenfalls ist nicht allgemein bekannt, daß die Lateinschrift, zurückgehend auf die Karolingerschrift zuerst von den deutschen Druckern Sweynheim und Pannartz geschnitten wurde, die damit im Jahre 1467 zu Rom im Geiste der neuerwachenden Antike die Briefe Ciceros druckten. Bald darauf schrieb Jenson in Venedig um 1470 eine Lateinschrift, die um 1495 durch Aldus vervollkommnet wurde und mit wenig Änderungen bis heute im Gebrauch geblieben ist. Um 1501 entstand in Italien die Kursivschrift.

Antiqua

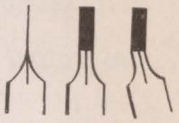
Die Antiqua wurde besonders in Italien und westlichen Ländern weiterentwickelt und errreichte um 1540 durch Claude Garamond eine hohe Vollendung. Während sich die Lateinschrift im Westen immer mehr durchsetzte, blieb man in den deutschsprechenden Ländern bei den ausdrucksvolleren und reicheren Formen der *Fraktur*, die sich auch in Schweden bis in das vorige Jahrhundert hinein erhielt.

Fraktur und Antiqua sind somit die beiden Hauptschriftgattungen des abendländischen Buchdrucks geworden, Druckschriften, die sich aus der Federschrift entwickelten. Sie tragen auch die Merkmale der Federschrift, die *Wechselzüge*, die durch die Auf- und Abstriche der Feder zustande kommen und dem Schriftbild einen Rhythmus geben, der leichtes, angenehmes Lesen gewährleistet.

Einfluß der Schreibtechnik auf die Buchstabenschrift

Federschrift

Die Kunst des Schreibens mit der Feder ist es, die den Druckschriften des 15. bis 18. Jahrhunderts ihr Gesicht gab. Man verwandte spitze Federn, gerade und schräg geschnittene Federn. Andere Schreibtechniken wie Keilschrift, Pinselschrift usw. bleiben im Abendland außer Betracht. Fraktur und Antiqua sind bis ins 19. Jahrhundert hinein federgerechte Schriften geblieben. Die Schreibkunst ist es auch, die diesen Schriften besonderen Ausdruckswert verleiht, ihnen den Charakter des Organischen, „Zügigen", Lebendigen, Beseelten gibt. Aus ihnen läßt sich wie aus der Federschrift überhaupt eine ganze Graphologie der Ausdruckswerte ableiten. Das haben Fraktur und Antiqua vor den „konstruierten" Schriften voraus. Neben ihrem geistigen Gehalt zeichnet sich die geschriebene, werkgerechte Druckschrift besonders durch ihre technische Brauchbarkeit für das Drucken und Lesen aus.



spitz gerade schräg

Rhythmus und Charakter

Durch das Schreiben und durch den Geist, in dem geschrieben wird, prägt sich in der Schrift ein einheitliches Gesetz aus, ein gemeinsamer *Rhythmus* in Buchstaben, Wort- und Satzbildern. Dieser Rhythmus ist einer der ersten Erfordernisse für die *Leserlichkeit* einer Schrift. Jeder kann sich davon überzeugen, daß Worte und Sätze, deren Typen *aus mehreren Schriftarten* zusammengewürfelt wurden oder *nicht auf der Linie stehen,* schwer lesbar sind. Ähnlich verhält es sich bei Verwendung *ungleicher Schriftgrade* und Spatien im glatten Satz.

Buchstaben, Worte oder Sätze, denen das Ebenmaß fehlt, machen das Bild der Seite fleckig und dadurch unruhig. Der Blick wird abgelenkt. Eine gleichmäßig bedeckte Seite, deren Schrift in ebenmäßigem Rhythmus fließt, beunruhigt den Lesevorgang nicht und gestattet schnelleres Lesen. Um sich dem Rhythmus des Wortbildes einzufügen, bedürfen auch die Züge der einzelnen Buchstaben eines gewissen Rhythmus der Form.

Unterscheidbarkeit

Innerhalb dieses gemeinsamen Gesetzes einer Schrift aus dem Schwung des Schreibens heraus ist eine möglichst große *Unterscheidbarkeit* der einzelnen Buchstaben erforderlich, um gute Lesbarkeit zu erzielen. Jeder Buchstabe des Alphabets muß sein besonderes Gesicht haben, von jedem anderen möglichst verschieden sein. Auch dieser physiognomische Charakter in Einzelbuchstaben und Gesamtschrift tritt in den „geschriebenen" besser als in den „konstruierten" Schriften hervor.

Rhythmus und Unterscheidbarkeit ergeben sich vor allem aus zwei Eigenarten der Federschrift:

1. Durch den *Duktus* der Wechselzüge,
2. Durch die *Fülle* der Schwünge.

Wechselzug-Duktus

Aus der Auf- und Abbewegung der Feder ergeben sich Haar- und Schwellstriche. Die ganze Schriftbewegung in ihren Wechselzügen wird bei der Handschrift Duktus genannt. Deshalb sei auch hier für den Wechsel der Strichführung der Ausdruck Wechselzug-Duktus erlaubt.

Dieser Duktus verleiht der Schrift folgende Eigenschaften: Rhythmus, Kontrast (der Wechselzüge), Unterscheidbarkeit, graphische Klarheit (nicht „teigig" im Strich), Kraft und Lebendigkeit.

Fülle

Die *Fülle* oder *Völle* der Schrift, ihre Rundung, ergibt sich aus dem Schwung der Hand. Auch hierdurch wird der Rhythmus erhöht. Schriften, die Wechselzug-Duktus und Fülle haben, sind rhythmischer und daher meistens leserlicher als (Grotesk- und Stab-) Schriften ohne Fülle und Wechselzug-Duktus. Die Fülle bereichert außerdem die Gestaltqualitäten der Schrift, macht sie charakteristischer, reicher und klarer. Hier ist ein häufiger Irrtum zu berichtigen: daß nämlich die deutsche Schrift nur gerade und eckig sei. Die eigentlich „deutschen" Schriften Schwabacher und Fraktur verbinden das Gerade und Eckige *mit* dem Runden, die feinen *mit* den kräftigen Strichen. Darauf beruht ihr Formenreichtum und der Ausdruck ihres Gesichtes, das sie leichter erkennbar macht als die weniger unterscheidbaren lateinischen Typen. Sie sind ausgesprochene Federschriften, neben denen „konstruierte" Schriften kalt und anorganisch wirken.

Die besonderen Vorzüge der Fülle in der Schrift sind: *Helligkeit, Klarheit* (keine Schmutzfallen, in denen sich Druckfarbe festsetzen kann), *Kraft* und *Kontrast* (rund und gerade).

Einfluß der Drucktechnik

Vollendung der Druckschrift

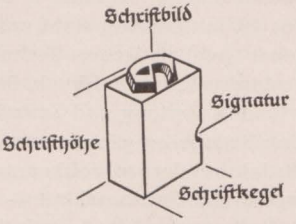
Die führenden Druckschriften Fraktur und Antiqua waren schon im 16. Jahrhundert in allen Grundzügen vollendet. Wenn sie auch im 18. Jahrhundert noch um besonders schöne Formen bereichert wurden: an den Grundzügen wurde nicht mehr gerüttelt. Formgefühl und werkgerechte Schreibkunst bestimmten das Schriftschaffen.

Normung des Schriftkegels

Als die Schrift*formen* endgültig festlagen, ging man auch daran, die Schrift*größe*, den „Kegel", zu normen. Der Kegel ist die Ausdehnung des Typenkörpers in der Richtung der Höhe der Buchstaben auf dem Papier; er ist nach typografischen Punkten bemessen. Der

1 Punkt		Achtelpetit (nur Durchschußmaterial)	0.376 mm
1½ Punkt		Achtelcicero	0.564 „
2 Punkt		Viertelpetit (Durchschußmaterial)	0.752 „
3 Punkt		Brillant (kleinste Schrift, Antiqua)	1.128 „
4 Punkt	H	Diamant (halbpetit) . . .	1.504 „
5 Punkt	H	Perl (Parisienne)	1.879 „
6 Punkt	H	Nonpareille (kleinste Fraktur) .	2.256 „
6½ Punkt		Insertio	2.444 „
7 Punkt	H	Kolonel (Mignon) . . .	2.631 „
8 Punkt	H	Petit	3.007 „
9 Punkt	H	Borgis (Bourgeois) . . .	3.383 „
10 Punkt	H	Korpus (Garmond) . . .	3.579 „
11 Punkt		Rheinländer (nur im Ausland) .	4.135 „
12 Punkt	H	Cicero	4.511 „
14 Punkt	H	Mittel (Überschriften 1-spaltig) .	5.263 „
16 Punkt	H	Tertia	6.014 „
18 Punkt		1½ Cicero (Parangon, nur Ausl.).	6.766 „
20 Punkt	H	Text	7.518 „
24 Punkt	H	Doppelcicero	9.022 „
28 Punkt	H	Doppelmittel	10.525 „
32 Punkt		Kleine Kanon (Doppeltertia) .	12.029 „
36 Punkt	H	Kanon (Drei Cicero) . . .	13.532 „
42 Punkt		Grobe Kanon	15.788 „
48 Punkt		Kleine Missal (Vier Cicero) . .	18.043 „
60 Punkt		Grobe Missal (Fünf Cicero) . .	22.554 „
72 Punkt		Sabon	27.065 „
84 Punkt			31.576 „
96 Punkt			36.086 „

Punkt als Einheitsmaß des typografischen Systems wurde 1737 von dem Pariser Schriftgießer Fournier erfunden und um 1785 von Didot nach dem französischen Fußmaße festgelegt (1 Fuß = 12 Zoll zu je 12 Linien zu 12 Punkten; zwei solcher Punkte = 1 typografischer Punkt).



Ab 1840 fand dieses System in Deutschland Eingang, wurde 1879 von Berthold auf Metermaß umgerechnet und als Normalmaß eingeführt. Danach ist 1 Punkt = 0.3759 mm. 2660 Punkte = 1 Meter.

Kleine Schriftkegel gelten auch als Maßeinheiten. Diese bilden verschiedene Systeme, die immer wiederkehren: Petit, Cicero, Mittel usw Die Zeilenlänge wird vielfach in Konkordanzen gemessen. Eine Konkordanz ist das Maß von 4 Cicero. Für eine Buchzeile haben sich 4 bis 5 Konkordanz, für eine Zeitungszeile 3 bis 4 Konkordanz als zweckmäßig erwiesen.

Normalsysteme

Die Forderung, alle Schriftgrade nur nach Punkten zu benennen, ist berechtigt, wird aber seit Jahrhunderten gebräuchliche Namen nicht verdrängen können. In Amerika ist es üblicher, die Punktzahl zu nennen, doch sind auch dort Bezeichnungen wie Nonpareille (6 Punkte), Minion (7 Punkte), Brevier (8 Punkte), Bourgeois (9 Punkte), Long Primer (10 Punkte), Small Pica (11 Punkte), Pica (12 Punkte) usw. allgemein bekannt und gebräuchlich. Das seit 1888 in Amerika und England eingeführte System ist etwas kleiner als das deutsche Normalsystem.

Die Schrifthöhe, d. h. die Höhe des Druckstockes vom Fuß bis zum Schriftbild, ist ebenfalls nach dem typografischen System berechnet und seit 1898 mit $62^2/_3$ Punkten festgelegt, in Metern: 23,566 mm. Die Dicke, d. h. die Weite der einzelnen Buchstaben im Verhältnis zum Kegel, ist veränderlich geblieben, trotz Versuchen, auch sie zu normen. Das Füll- oder Blindmaterial zum Ausfüllen der freien Stellen, Ausschluß- und Durchschußmaterial sind wiederum nach dem Schriftkegel genormt.

Die Technik des Buchdrucks im Handsatz ist bis auf unsere Tage seit Gutenberg unverändert geblieben, selbst die Legierung des Metalls für den Guß der Typen. Die Lettern oder Typen bestehen aus 67 Teilen Blei, 28 Teilen Antimon (Härte), 5 Teilen Zinn (Schärfe) und etwas Kupfer. Das Füllmaterial (neuerdings auch Leichtmetall) ist weicher, weil es nicht im Druck belastet wird. Auch für Setzmaschinen ist die Legierung etwas weicher, da sie nur zum einmaligen Gebrauch bestimmt ist. Seit

kurzem werden in Deutschland erfolgreiche Versuche mit Preßstoffen gemacht, die den Vorteil der großen Gewichtsersparnis und der Billigkeit haben.

Einfluß der Zeitungstechnik

Das 19. Jahrhundert steht unter dem Einfluß neuer Druckverfahren und neuer publizistischer Technik. Schnellpresse, Steindruck, Lichtbild, Rasterdruck, Umlaufdruck, Setzmaschine, Tief- und Offsetdruck wurden erfunden. Zeitung und Zeitschrift erlangten als geistige Verkehrsmittel eine Bedeutung wie nie zuvor. Während der Buchdruck schon bis zum 19. Jahrhundert so vollkommen war, daß er — abgesehen von Schnellpresse und Setzmaschine — kaum noch wesentlicher Verbesserungen bedurfte, kamen die technischen Neuerungen in erster Linie dem periodischen Schrifttum zugute.

Schlagzeilen

Die Zeitungstechnik wirkte sich auch auf die Weiterentwicklung der Druckschrift aus. Vor allem hat sich die Vereinheitlichung der Kegelstärken auch im Hinblick auf die Fortschritte der Drucktechnik als notwendig erwiesen. Formate und Spaltenzahl der Zeitungen vergrößerten sich rasch. Es erwies sich als zweckmäßig, den Inhalt der Zeitungsseite zu unterteilen, ihn zu gliedern und mit Überschriften zu versehen. Die Überschriften entwickelten sich zu Schlagzeilen, die gegen Ende des vorigen Jahrhunderts aufkamen.

Auch die Zeitschriftenseiten brachten neue Titelschriften und so entstanden Auszeichnungsschriften, die man im Anfange aus den größeren Graden von Brotschriften zusammenstellte. Bald aber zeigte die Zeitung das Bedürfnis nach Zweckschriften. Um eine Überschrift der Breite der Zeitungsspalte anzupassen, wurden besonders *enge* und *weite* Schriften gefordert.

Auch suchte man den Überschriften mehr Betonung zu geben durch Vergrößerung, Verstärkung, Vergröberung und Vereinfachung der Buchstaben. Es entstanden *halbfette, fette* und *extrafette* Schriften, die zuletzt nicht mehr geschrieben, sondern *gemalt* wurden, was der Schrift ein unklares, grobes, „teigiges" Aussehen verlieh. Allmählich entwickelten sich für alle Zwecke Verbindungen wie die schmalfette Schrift, die weite halbfette und viele andere.

Sinkendes Formniveau

Mit dem Abgehen von der Federschrift verfiel die Schriftkultur. Kaum eine dieser fetten Schriften kann sich mit den durchgeistigten Zügen vergleichen, in denen Klopstock, Lessing, Kant, Schiller, Goethe (meistens nach anregendem Schriftwechsel mit dem Drucker!) ihre Werke drucken ließen, und die noch im Anfange des 19. Jahrhunderts geschrieben wurden. Außerdem wandte sich das Tagesschrifttum an die Massen, die in dieser Hinsicht keinerlei Ansprüche machten. Ein zu hohes Formniveau wäre eher hinderlich gewesen. Eine Fülle von

Schriftmoden entstand, die unter dem Eindruck der technischen Entwicklung den organischen Charakter der geschriebenen Schrift vernachlässigte. Bis man sich entsann daß die Technik der geschriebenen Schrift auch gewisse Anforderungen an die Lesbarkeit am besten erfüllt und vom Anfange des 20. Jahrhunderts an die Schriftkultur besonders in England, aber auch in Deutschland wieder zu neuem Ansehen kam.

Technische Forderungen

Während die Zeitungstechnik in den Auszeichnungsschriften einen Niedergang der Schriftkultur herbeiführte, wurden an die Setzmaschinen-Schriften hohe Anforderungen gestellt. Die Schriften wurden mit großer Geschwindigkeit auf der Setzmaschine in Zeilen gegossen, auf Matern gepreßt, diese halbrund gebogen und die Stereoplatte der Druckwalze daraufgegossen. Da die Zeitungsschrift außerdem nicht zu groß sein durfte, der schmalen Spalten und des kostbaren Platzes wegen, läßt sich leicht ersehen, daß allzu empfindliche Schriftarten dabei nicht zu verwenden waren.

Man stellte daher an die Druckbarkeit der Schrift besondere Anforderungen, die sich in wachsendem Maße durchsetzten. Wesentlich für die Technik des Zeitungsdruckes sind: der Zeilenguß, das Matern, der nochmalige Abguß auf der Stereoplatte, die schnelle Drehung der Druckwalzen, der Druck der Gummirollen, die Erfordernisse des schnellen Trocknens der Druckfarbe und des saugenden, aber nicht leicht zerreißbaren Papieres.

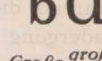
Elemente der Druckbarkeit

Die Type darf daher nicht zu feine Haarstriche haben, die leicht beschädigt werden können, sondern muß *kräftig* sein. Andrerseits darf die Schrift *nicht zu fett* sein, damit die Druckfarbe schneller trocknet. Sie muß *einfach* sein und alles abstreifen, was das Schriftbild zu dunkel macht. *Schnörkelige Schriftformen* müssen einer größeren *Klarheit* weichen. Man beginnt deshalb, von den „Elefantenrüsseln" in Schwüngen der Großbuchstaben zu den einfacheren Formen der Schwabacher oder den Halbbogen der Unger-Fraktur überzugehen. Beispiele sind Ehmcke und Offenbacher Schwabacher, sowie die Tiemann-Fraktur und verwandte Schriften. Größerer Klarheit dient auch die *Begrenzung* der Type, vor allem in den Oberlängen; die *Gabelungen* werden sich wie bei der Amtsfraktur mehr der Schwabacherform annähern und spitze Winkel vermeiden. Enge Öffnungen und spitze Innenwinkel verschmutzen leicht mit Papierstaub und Druckfarbe (vor allem beim deutschen e und k). Um die kräftigen Typen wieder möglichst sauber und leicht zu gestalten, werden deshalb die Punzen und *Öffnungen* groß und weit, die *Innenwinkel* nicht zu spitz gehalten. Für eine gut druckbare Schrift gelten ähnliche Anforde-

Enge, spitze Öffnungen verschmutzen leicht

rungen wie für die gemeißelte Schrift, aus der die alte Lateinschrift hervorging.

Da die deutsche Fraktur im Durchschnitt schmal ist und somit kleine Öffnungen hat, muß die Zeitungsfraktur in kleineren Graden ziemlich *breit* laufen. Auch durch *Fülle* und große *Mittellängen* wird eine größere Öffnung und damit Klarheit der Schrift erreicht, da die Gemeinen die Großbuchstaben überwiegen und den eigentlichen Körper der Schrift ausmachen. Das trifft besonders für die Antiqua zu, für die sich in Frankreich und vor allem Amerika die Ionic als Zeitungsschrift durchgesetzt hat. Im Deutschen ist etwas mehr Raum für die Oberlängen nötig, um die Wortbilder besser zu gliedern, da hier die Oberlängen verhältnismäßig mehr Raum einnehmen. In jedem Falle muß die Schrift ohne Durchschuß gut lesbar sein.



Große Schrift, große Mittellängen

Für die Textschriften in der Zeitung mußte neben der Festigkeit und dem kräftigen Gesicht der Schrift schon deshalb ein erhöhtes Maß an Lesbarkeit und Unterscheidbarkeit gefordert werden, weil die Zeitung meistens auf billigem, groben und selten auf weißem Papier gedruckt wurde, was an sich schon die Erkennbarkeit der Schrift herabminderte. Dazu kam, daß die Masse des heute Gelesenen die Lesezeit erhöhte, ferner daß diese Tagesveröffentlichungen selten bei der Studierlampe, vielmehr oft in rüttelnden Verkehrsmitteln und bei schlechtem Licht gelesen wurden. Deshalb drängt sich in erhöhtem Maße das Problem der *Lesbarkeit* einer Schrift auf. Nichts zeigt besser die Notwendigkeit der Augenhygiene in der Schrift als die Tatsache, daß die Kurzsichtigkeit unter den schwedischen Schulkindern bedeutend abnahm, als man vor wenigen Jahrzehnten die verschnörkelte Fraktur durch die klarere Antiqua ersetzte. Was nicht gegen die Fraktur überhaupt, wohl aber gegen die veralteten, schwer auflösbaren Formen der Fraktur spricht, die dort in Gebrauch waren. Soll deshalb die schöne, ausdrucksvolle deutsche Schrift erhalten bleiben, verbessere man ihre Lesbarkeit!

Lesbarkeit

Zweckmäßige Schrift

Während bisher die Druckschrift von den Gesichtspunkten ihrer Entstehung, von der Technik des Schreibens und Druckens her betrachtet wurde, soll jetzt von ihrem eigentlichen Zweck die Rede sein: Schriften wollen *gelesen* werden. Auch in der Schrift ist Technik die „Kunst des rechten Weges zum Zweck". Die Schrift dient der Vermittlung geistiger Inhalte durch das gedruckte Wort. Um den Zweck der leichten Lesbarkeit möglichst vollkommen zu erfüllen, muß die Schrift schnellstes Lesen bei geringster Ermüdung ermöglichen.

Elemente der Lesbarkeit

Die Lesbarkeit der Druckschrift beruht auf der leichten Erkennbarkeit der *einzelnen* Buchstaben wie auf dem Rhythmus der *ganzen* Wortbilder und der Vertrautheit der Buchstabengruppen. Die Druckschrift muß in allen ihren Elementen, in jedem Strich, jeder Rundung leicht aufzufassen sein, was sich durch optische Instrumente feststellen läßt. Sie muß sich aber auch im ganzen schnell und angenehm aufnehmen lassen, was unter anderem durch die Lesegeschwindigkeit und das leichte „Einlesen" nachzuprüfen ist. Die leichte Erfaßbarkeit der ganzen Wortbilder und damit größere Lesegeschwindigkeit ist ein großer Vorteil der Fraktur.

Klarheit, Rhythmus und *Unterscheidbarkeit* sind Voraussetzung für die leichte Erkennbarkeit der Schrift. Jeder Buchstabe muß in der Gestalt von jedem anderen möglichst verschieden sein und sich doch dem gemeinsamen Rhythmus und Formgesetz der Schriftart einfügen. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß Worte und Sätze aus mehreren Schriftarten durcheinander schwer lesbar sind. In ähnlicher Weise stören ungleiche Schriftgrade und Spatien oder Schriften, die nicht auf der Schriftlinie stehen.

Gliederung

Buchstaben, Worte oder Sätze müssen in ihrer Schwere so ausgewogen sein, daß sie das Bild des Absatzes oder der Seite nicht fleckig machen. Die Seite soll ein einheitlich graues Bild geben, ruhig wirken und gleichmäßig bedeckt bzw. klar gegliedert sein. Je größer die Seite, umso notwendiger ist die Gliederung, damit das Auge nicht auf der Fläche herumirrt.

Wie schon erwähnt, zeichnet sich die Federschrift, von der die Druckschrift herkommt, durch besonderen Formenrhythmus aus. Duktus, Fülle und Schwung der geschriebenen Schrift dienen auch ihrer Lesbarkeit. Die Wechselzüge erhöhen Rhythmus und Kontrast, die Fülle vermehrt die Klarheit, und der Schwung bereichert die Gestaltqualität.

Klarheit

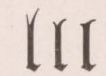
Je *klarer* die Schriftformen sind, umso leichter sind sie erfaßbar und somit lesbar. Klarheit bietet die Schrift vor allem durch die Größe der Punzen und Öffnungen, den Rhythmus des Schwunges und die Begrenzung der Buchstaben. Helligkeit der Schrift ist für ihre Klarheit von großer Bedeutung.

Serifen

Die Lateinschrift begrenzt die Grundstriche der Buchstaben durch Querstriche, die sog. *Serifen* oder Schraffen. Außer der *Begrenzung* gewähren die Serifen eine bessere *Führung auf der Schriftlinie*. Daher werden in der Buchschrift Antiqua und Mediaeval, die ursprünglichen Lateinschriften, der Groteskschrift vorgezogen.

In der deutschen Schrift entsprechen den Serifen die Füßchen und Ausläufer. Bei der Schwabacher sitzen die Ausläufer schräg, um den go-

tischen Drang nach oben nicht zu behindern; bei der Fraktur gabeln sich die Oberlängen und greifen wie Äste in den Raum hinaus. Dadurch wird zwar das Schriftbild weiter belebt und der Rhythmus erhöht, aber die Begrenzung oft wieder verschlechtert, die doch die eigentliche Aufgabe der Serifen ist. Zu den besten Frakturlösungen gehören die breiten Gabelungen der Unger oder die flachen bei der Modernen und Amts-Fraktur. Eine Vereinfachung der Oberlängen ist auch für die fetten Auszeichnungsschriften erforderlich, da diese bei starker Verschnörkelung zu schwarz wirken. Die „*Neufraktur*" von Koch sieht deshalb von der Gabelung der Oberlängen wie von den „Elefantenrüsseln" ab und ist eine der größtmöglichen Vereinfachungen fetter Fraktur.



Gabelungen

Unterscheidbare Fraktur

Was die Fraktur vor der Lateinschrift voraus hat, ist ihre bessere Unterscheidbarkeit, da ihr Rhythmus nicht nur in Geraden und Kreisbogen schwingt, sondern sich in ganz eigenwilligen Kurven und Schwüngen auslebt, die bei jedem Buchstaben anders sind und sich im Wortbild zum harmonischen Ganzen verweben. Es ist eine völlige Verkennung der deutschen Schrift, will man in ihr ausschließlich Gerades und Eckiges sehen. Die eigenartige Verbindung des Geraden und Geschwungenen, der Druck- und Haarstriche macht erst den Wert, die Unterscheidbarkeit und auch die Lesbarkeit der deutschen Schrift aus. Unter den neuen Schriften liegt darin der Vorteil der Wallau gegenüber den **grotesk-gotischen** Stabschriften, die in den meisten Fällen sehr wenig Rhythmus und fast gar keine Führung auf der Schriftlinie haben, als Brotschriften außerdem durch ihre Formenarmut ermüden.

Eine einfache, aber formenreiche Schrift mit mäßiger Schwellung im Duktus, die rhythmisch und in allen Teilen klar zu erfassen ist, gut auf der Linie steht und in gleichmäßiger Druckdichte verläuft, beunruhigt die Augen nicht und ermüdet am wenigsten. Störend ist dagegen ein unruhiges, fleckiges Satzbild, da die hellen und dunklen Flecken die Aufmerksamkeit ablenken — eine Beunruhigung, die ermüdet.

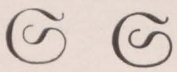
Kontrast

Je klarer sich ein Buchstabe vom Grunde abhebt und je besser er von jedem anderen unterschieden werden kann, desto leichter ist er zu erkennen und aufzufassen. Daß Papierbeschaffenheit und Beleuchtung dabei von größter Bedeutung sind, sei hier nur nebenbei erwähnt. Auch kann das Abschmieren und Durchschlagen schlechter Druckfarben die Lesbarkeit stark herabmindern. Das klare Abheben vom Grunde wird erleichtert durch den Schwarz-Weiß-Gegensatz von Druckfarbe und Papier und durch das Vermeiden von Haarstrichen, die so fein sind, daß sie sich kaum aus dem Grunde herausheben. Das Auge wird am meisten

dadurch angestrengt, daß es feine Haarstriche, spitze Winkel und kleine Öffnungen auflösen muß. Wenn schwer auflösbare Schriftelemente vermieden werden, kommt das nicht nur der Lesbarkeit, sondern auch der Druckbarkeit zugute, denn allzu feine Haarlinien werden leicht beschädigt. Die Linien müssen kräftig genug sein, um ohne Schwierigkeit klar erkannt zu werden. Auf der anderen Seite dürfen die Schwellstriche nicht zu stark sein, damit die Schrift nicht zu dunkel wird. Ein Duktus mit *mäßigem* Unterschied zwischen Haar- und Grundstrich ist am besten lesbar.

Geringste Ermüdung

Zur Schonung der Augen muß vor allem der Kegel (Schriftgrad) richtig gewählt sein. Der Abstand des Auges vom Papier ist in der Regel eine halbe Armlänge (rund 35 cm). Die Schrift muß so groß sein, daß sie auf diese Entfernung am besten erkennbar ist. Der Schriftgrad darf nicht so klein sein, daß nicht alle Einzelheiten mühelos zu erkennen wären, aber auch nicht so groß, daß die Lesegeschwindigkeit beeinträchtigt wird und das Auge beim Durcheilen großer Strecken ermüdet. Kleine Schriftgrade mit großen Öffnungen und Mittellängen wirken größer als solche mit kleinen Öffnungen und großen Oberlängen und sind deshalb besser lesbar. Vor allem dürfen bei kleinen Graden die Haarlinien nicht zu fein sein, da sie sich sonst schwer vom Grunde abheben, bei der Unger-Fraktur zum Beispiel die Haarlinien der Nonpareille oder Petit kaum dünner als die der Cicero. Schwer erkennbare Haarlinien sind das sprichwörtliche „Augenpulver". Selbst feine Linien müssen klar erkennbar, der Gegensatz von dicken und dünnen Strichen wahrnehmbar, aber nicht zu stark sein. Je stärker das Auflösungsvermögen des Auges beansprucht wird, um so mehr ermüdet die Schrift das Auge. Aus allem ergibt sich, daß die Forderungen, die für gute Druckbarkeit aufgestellt wurden, ebenfalls der besten Lesbarkeit entsprechen.



Kleiner Grad, vergrößert, zeigt kräftigere Haarstriche

Kleine Schriftgrade

Je größer also die Gemeinen und die Öffnungen (große Mittellängen, breite Schrift), je kräftiger die Haarlinien, je einfacher die Schrift, desto besser ist ein kleiner Schriftgrad tragbar. Das ist von großer Bedeutung im Zeitungsdruck, wo man durch Verwendung kleinerer Schriftgrade eine nicht unbedeutende Papierersparnis erzielen kann.

Spaltenbreite Schriftgrad Durchschuß

Auch sollten die Spalten nicht zu breit sein, weil das Auge durch das starke seitliche Abwandern ermüdet und auch den Anfang der nächsten Zeile nicht gleich findet. Je breiter die Spalten, desto mehr Durchschuß ist erforderlich, um die Zeilen klar voneinander abzuheben. Bei schmalen Spalten darf wieder der Schriftgrad nicht zu groß sein, um die Wortbilder nicht durch Trennung auseinander zu reißen. Einer Buch-

zeile von 9 cm in Korpus entspräche eine Zeitungszeile von etwa 7.2 cm in Petit. Eine Schrift muß weit genug sein, daß sie große Öffnungen ermöglicht, aber nicht so weit, daß die Abwanderung des Auges zu schnell oder das Drucken in schmalen Spalten nicht möglich wäre. Zu kleine Schriftgrade ermüden das Auge durch schlechte Erkennbarkeit, zu große durch die Nötigung schneller Bewegung und häufiges Zerreißen der Wortbilder, wodurch der Lesevorgang verlangsamt wird.

Gewohnheit

Zu der *technischen* Forderung der leichten Auffaßbarkeit der Schrift tritt eine *psychologische:* die *Gewohnheit.* Wie klar ein Buchstabe immer sein mag: wenn sein Gesicht uns nicht vertraut ist, verursacht er Aufenthalt. Buchstaben und Wortbilder werden durch die Gewöhnung vertraute Gesichter, die das erfahrene Auge selbst bei flüchtigem Darübergleiten gleich erkennt, ohne den Einzelzügen genau nachzugehen. Deshalb Vorsicht in der Wahl neuer Schriften! Als Brotschriften verwendet man zweckmäßigerweise nur Schriften, die von den gebräuchlichen so wenig wie möglich abweichen. Klassische Fraktur- und Antiqua-Schriften — vorausgesetzt, daß sie sonst ohne Anstrengung lesbar sind — werden am leichtesten gelesen. Bei neuen Schriften tritt erst allmählich Gewöhnung ein. Da es sich jedoch meistens um Modeschriften handelt, die sich nicht allgemein dauernd durchsetzen, ist eine allgemeine Gewöhnung kaum zu erwarten. Die Gewohnheit ist also vor allem zu beachten, um einen möglichst schnellen Lesevorgang zu gewährleisten.

Schnelles Lesen

Warum schnelles Lesen? Weil der Durchschnittleser sich kaum jemals die Zeit nehmen kann, eine Zeitung ganz durchzulesen. Durch übersichtliche Anordnung, zweckmäßig gewählte Spaltenbreite und lesbare, vertraute Schrift wird der Lesevorgang beschleunigt. Die zweckmäßigste Schrift vereinigt also größte Lesegeschwindigkeit mit geringster Ermüdung.

Daß nicht nur schlechtes Auflösungsvermögen, sondern auch ungewohnte Schrift zur Ermüdung des Auges beitragen kann, zeigt die kinematographische Aufnahme der Augenbewegung beim Lesen. Bekanntlich gleitet das Auge nicht über die Zeile, sondern fixiert, d. h. umfaßt ein Blickfeld fest und springt zum nächsten weiter. In voller Bewegung erkennt es nichts und muß auf etwas ruhen, um zu sehen. Je vertrauter ein Buchstaben- und Wortbild ist, desto schneller wird es erfaßt, und um so mehr umfaßt das Auge auch mit einem Blick. Gewöhnlich „springt" das Auge in der Buchzeile 6—8 mal, und je schmaler die Zeile etwa der Zeitung ist, um so schneller wird sie bewältigt. Nun kann die Zahl der „Sprünge" auf die Zeile verringert werden durch vertraute charakteristische Wortbilder und noch weiter

durch das Abgewöhnen der „Buchstabier"-Technik des Lesens. Viele Leser haben die Angewohnheit, halblaut mitzusprechen, was sie lesen. Gewöhnen wir uns statt dessen an, Wort- und Satz*bilder* zu lesen, so bewältigen wir die Zeile statt in 6 Sprüngen, sagen wir, schon in 3 Sprüngen. Nicht nur wird so schnelleres Lesen erreicht, sondern auch größere Schonung der Augen, da diese nur halb so viele Bewegungen auszuführen brauchen.

Zweckmäßige Schriften

Es folgt eine Zusammenstellung der Eigenschaften, die vom Charakter der Schreibtechnik (1), von den Erfordernissen der Drucktechnik (2) und von den Gesichtspunkten guter Erkennbarkeit und tunlichster Schonung der Augen (3) her zu einer bestmöglichen Druck- und Lesbarkeit der Schrift führen:

1, 2, 3: Wechselzug-Duktus mit mäßigem Unterschied zwischen Haar- und Druckstrich;

1, 2, 3: Fülle (Schwung, große Innenräume (Punzen), volle Rundungen);

1, 2, 3: Helligkeit (nicht allzu fette oder enge Schrift, große Öffnungen);

1, 3: Unterscheidbarkeit (Charakteristik und weitgehende Verschiedenheit der Einzeltypen);

1, 3: Rhythmus in Buchstaben, Wort und Satzbild;

1, 3: Organisch empfundenes Gesicht der Schrift (einheitliches Formgesetz, charakteristische, leicht erfaßbare Wort- und Satzbilder);

2, 3: Kraft (gutes Abheben vom Papier, nicht zu dünne Haarlinien);

2, 3: Klarheit (gute Erkennbarkeit aller Schriftelemente, geringe Ermüdung);

2, 3: Einfachheit (leichte Erfaßbarkeit, Wegfall übermäßiger Schnörkel);

2, 3: Große Mittellängen (nur) bei kleinen Graden, vor allem bei Antiqua;

2, 3: Große Punzen und Innenwinkel, lichte Öffnungen (keine Schmutzfallen);

2, 3: Leichte Auflösbarkeit der Formelemente beim Lesen und in der Drucktechnik;

3: Kontrast (Papier — Druckfarbe, Haarstrich — Schwellstrich, rund — gerade, Oberlängen — Mittellängen);

3: Begrenzung durch Serifen, Ausläufer, Füßchen;

3: Führung auf der Schriftlinie;

3: Nicht zu kleiner Schriftgrad (sonst Anstrengung der Augen);

3: Nicht zu großer Schriftgrad (sonst verlangsamtes Lesen);

3: Gewohnheit der Schrift (klassische, überlieferte Formen erleichtern schnelles Auffassen und Lesen);

3: Angenehmes Verhältnis von Spaltenbreite, Durchschuß, Schriftgrad;

3: Einrichtung, Gliederung großer Seiten (leichteres Zurechtfinden durch Anhaltspunkte;

3: Gleichmäßige Druckdichte, ruhiges, ausgeglichenes Schrift- und Seitenbild (unruhiges fleckiges Bild zerstreut die Aufmerksamkeit und ermüdet).

II. Die Ausdrucksmittel der Druckschrift

Wechselbeziehungen von Inhalt und Ausdrucksform

Technische Aufgaben

Schriften sollen geistige Inhalte vermitteln. Sie müssen leichtes Eindringen in den Text ermöglichen und dürfen den Leser bei der Aneignung des Gelesenen nicht behindern. Druckschriften, die *schnellstes Lesen bei geringster Ermüdung* gestatten, erfüllen diese Aufgabe am besten.

Ausdruckswert

Aber die Schrift dient nicht nur dem Zweck, den *Inhalt* von Mitteilungen wiederzugeben, sondern sie ist auch imstande, diesem Inhalt *Ausdruck* zu verleihen. Die Druckschrift ist aus der Handschrift hervorgegangen und wie diese ein Ausdrucksträger. Sie unterscheidet sich im Ausdruck von der Handschrift dadurch, daß sie weniger den Charakter des Schreibers wiedergibt, als dem Geschriebenen bzw. Gedruckten durch die Wahl der Schriften Charakter und Bedeutung gibt.

Die Gutenberg'sche Erfindung des Buchdrucks mit gegossenen Lettern hatte die Kunst des Schreibens in eine völlig neue Lage gebracht. Dadurch, daß jede der Lettern nur einmal geschrieben und geschnitten zu werden brauchte, wurde die Schrift für alle Zeiten — solange sie im Gebrauch war — genormt. Dadurch erschienen zunächst die Ausdrucksmöglichkeiten, wie sie in jeder Handschrift bestehen, eingedämmt. Noch Herder beklagt sich in seinen Ideen zur Philosophie der Geschichte der Menschheit darüber, daß mit den Buchstaben die lebendigen Akzente und Gebärden erloschen seien, die vorher der Rede so starken Eingang in das Herz verschafft hatten.

Druckschrift als Ausdrucksträger

Heute ist diese Klage weniger berechtigt, so beredt sind die typografischen Ausdrucksmittel, so flüssig die journalistische Sprache gewor-

den. Jede Schriftart hat ihre charakterliche Färbung, und Bücher und Zeitungen, die sich einer bestimmten Schriftart bedienen, machen sich ihren Charakter in gewissem Sinne zu eigen. Die gewählte Schrift wird zur „Handschrift" des Buches oder der Zeitung und zum Ausdruck ihres Charakters. Außerdem sind durch Aufmachung, Schriftstärke und Schriftgrad weitere Ausdrucksmittel gegeben, die sich mit der Mimik und Betonung bei der Wortsprache vergleichen lassen. Dadurch wird das innere Verständnis der Mitteilung erleichert und ihr eine besondere Bedeutung geben. Wir können daher ohne die Gefahr, schiefe Bilder zu gebrauchen, von einer Graphologie der Druckschrift reden.

Ausdrucksmittel der Aufmachung

Betonung und Ausdruck

Die typografischen Ausdrucksmittel gliedern sich in zwei Gruppen:

1. Quantitative;
2. Qualititave.

Zu den ersteren gehören Schriftkegel (große oder kleine Schriftgrade), und Schriftstärke (fette oder magere Schriften), zu den letzteren die Schriftgattungen und Schriftarten.

Die Mannigfaltigkeit der Ausducksmittel ist besonders durch die Schlagzeile in Gebrauch gekommen. In den Brotschriften, wie sie für den Text in Büchern oder Zeitungen verwandt werden, schwanken die Schrift*grade* nur wenig. Sie müssen groß genug sein, um das Auge nicht anzustrengen, und nicht so groß, daß sie das Lesen verlangsamen. Gewöhnlich liegen sie zwischen Petit und Korpus. Bei den Schlagzeilen und Köpfen von Zeitungen aber finden alle Grade von Cicero aufwärts, alle Stärken und Weiten der Schrift Verwendung.

Auch in den Schrift*arten* sind die Brotschriften mehr an das Übliche gebunden, da die Gewohnheit der Schrift ihrer Lesbarkeit zugute kommt. Gewohnte Schriften werden leichter erfaßt. In den Schlagzeilen aber herrscht größere Ausdrucksfreiheit, und so sind in der gesamten Aufmachung der Zeitung Kopf und Schlagzeilen die Hauptträger der typographischen Ausdruckswerte. Je größer der Schriftgrad und je fetter die Schrift, umso mehr „schreit" die Schlagzeile. Allerdings ist das Verständnis nicht immer von der Lautstärke abhängig, und bei manchen Zeitungen wird das „Geschrei" mehr zum Eigenwert, dem inhaltlich Entsprechendes gar nicht gegenübersteht.

Angemessenheit

Der sinngemäße Gebrauch der quantitativen wie der qualitativen Ausdrucksmittel wird bestimmt durch den Grundsatz der *Angemessenheit.* Starke Überschriften, große und fette Schriften sollen die *verhältnismäßige* Bedeutung eines Inhaltes anzeigen. Wenn nun der Gegenstand der Darstellung ins Blickfeld gerückt wird, muß er auch halten, was er verspricht. Sonst steht das Vertrauen des Lesers auf dem Spiele, auf dem bekanntlich der Einfluß einer Zeitung beruht. Bedeutende Inhalte müssen hervortreten, während es sinnlos ist, Unbedeutendes durch große und starke Schriften besonders auszuzeichnen. Wie Wort, Ton und Geste sich nur dann in der Wirkung steigern können, wenn sie auf einander abgestimmt und einander angemessen sind, so müssen im Druck die typografischen Ausdrucksmittel mit dem Inhalt harmonieren. Leicht entsteht sonst der peinliche Eindruck der Unaufrichtigkeit oder Prahlerei. Die Größe der Schlagzeile muß daher der Bedeutung des Inhalts *angemessen* sein.

Aufmachung der Zeitung

Die Technik der Aufmachung ist für die Zeitung von besonderer Bedeutung. Nicht nur *was* gesagt wird, sondern auch *wie* es gesagt wird, ist wichtig. Es gibt Formen, die Vertrauen erwecken, und solche, die die Sensationslust befriedigen sollen. Die äußere Form der Zeitung ist also Teil der Mitteilung. Es gibt Zeitungen, die gepflegt und solche, die gewöhnlich wirken, Zeitungen, die interessant und andere, die langweilig erscheinen. Das Zusammenwirken von Format, Aufmachung, Typografie (in Kopf, Schlagzeilen, Text und Anzeigen) und Bildern bringt den Charakter der äußeren Erscheinung zustande. Eine Zeitung, die äußerlich gepflegt ist, wird auch leichter zu ihrem Inhalt Vertrauen erwecken können.

Format

Große Formate wirken repräsentativ, großzügig und vielseitig, bisweilen auch unhandlich und anmaßend, kleine wirken handlich und praktisch, aber auch anspruchslos, provinziell und beschränkt.

Seitenumbruch

Eine wohlgeplante Aufmachung wirkt gepflegt, ausgeglichen, gewissenhaft, beständig und gründlich, aber manchmal auch langweilig, schablonenhaft und pedantisch, eine planlose Aufmachung unübersichtlich, unbeständig, unausgeglichen, unruhig und flüchtig, aber auch impulsiv und lebhaft.

Kopf und Schlagzeile

Große Zeitungsköpfe wirken selbstherrlich, aufdringlich und marktschreierisch, kleine Köpfe einfach, sachlich und auch nüchtern. Prahlerisch, aufdringlich und hohl wirken auch Schlagzeilen, deren Größe nicht in angemessenem Verhältnis zur Bedeutung des Inhaltes steht.

Zu kleine Schlagzeilen sind eindruckslos und langweilig.

Ausgeglichener Satz in Schlagzeilen und Text wirkt gewissenhaft, rhythmisch, gepflegt und beständig, unausgeglichener Satz wirkt heftig, unruhig, unsauber und schlampig.

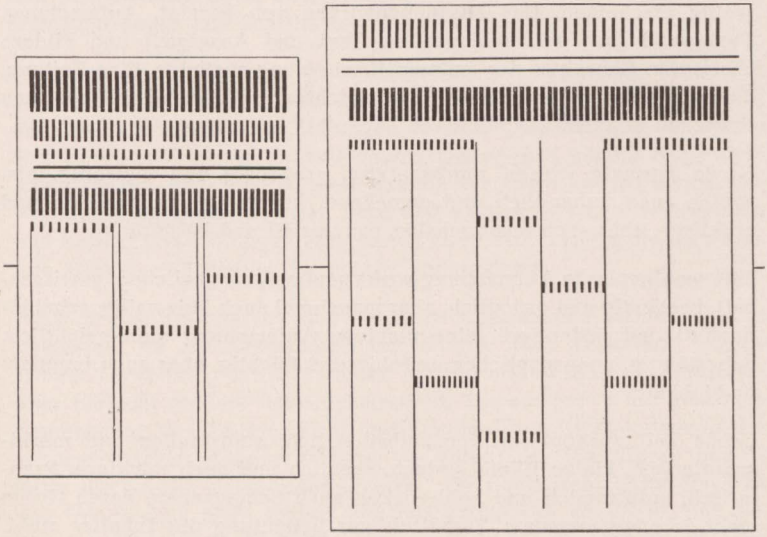
Helle Seiten machen einen sauberen und gewissenhaften Eindruck, „schwarze" Seiten erscheinen oft schmutzig (da die Druckfarbe schwerer trocknet, leicht abschmiert und durchschlägt) mit materiellen Mitteln protzend und billig.

Spaltenbreite

Breite Spalten erinnern an den Buchsatz und wirken ruhiger, aber auch weniger aktuell als die schmale Zeitungsspalte, die eine bessere Entfaltung des Inhaltes und schnelleres Lesen ermöglicht. Die seitliche Abwanderung des Auges ist bei der schmalen Spalte nicht so stark wie bei der breiten. Die Zeile kann mit 1 bis 3 Augenbewegungen übersehen werden, so daß sich das Auge praktisch von oben nach unten bewegt. Außerdem ist Durchschuß unnötig, da der Anfang der nächsten Zeile leicht gefunden wird.

Satzausgleich

Die Weite oder Enge der Schrift ist in hohem Maße an die technischen Erfordernisse der Zeitung gebunden und tritt daher als Ausdrucksmittel zurück. Weite oder enge Auszeichnungsschriften werden gewählt, um einen ausgeglichenen Satz zu erzielen. Die Zusammenarbeit von Schriftleiter und Setzer muß dabei soweit gehen, daß die Länge der



links: Kleines Format, schwerer Kopf, wenige Spalten; schlechte Textentfaltung
rechts: Großes Format, leichter Kopf, viele Spalten; gute Textentfaltung

Überschriften den Spalten- oder Seitenbreiten angepaßt ist. Das wird erreicht durch Auszählen der Buchstabeneinheiten für die Überschrift. Nichts läßt die Sorgfalt der Zeitungsaufmachung besser erkennen als der ausgeglichene und wohlausgewogene Satz der Seite, während ein unruhiger, fleckiger Satz in der Regel keine Empfehlung ist. Jede Zeitung, die etwas auf ihr Äußeres hält, verfügt daher für ihre Schlagzeilen über weite, normale, enge und schmale, fette, halbfette und magere Schriften. Ein besonders einheitlicher, wenn auch manchmal etwas monotoner Eindruck wird erzielt, wenn alle diese Schriften derselben Schriftfamilie entstammen.

Fette Schriften

Die Helligkeit der bedruckten Seite im Verhältnis zur unbedruckten wird fotometrisch bestimmt. Dieses Verhältnis wird die Druckdichte der Seite genannt und im Hundertsatz ausgedrückt. Der übermäßige Gebrauch fetter und extrafetter Schriften ist leicht geeignet, die Seite „schwarz" erscheinen zu lassen. Er zwingt dazu, durch viel „Fleisch", durch leere weiße Flächen um sie herum Kontraste zu schaffen, damit die Druckdichte der Seite in ihrer Gesamtwirkung die gleiche bleibt. Die Zahl fetter Überschriften muß daher sehr beschränkt gehalten werden, da die Seite sonst an Ebenmaß und Ausgeglichenheit verliert. Umso mehr Wert muß auf die Symmetrie der Seitenaufmachung gelegt werden. Außerdem ist es notwendig, die Hauptbetonung nur auf *eine* wichtige Nachricht zu legen, da mehrere Hauptüberschriften sich gegenseitig in der Wirkung beeinträchtigen.

Die extrafetten Schriften entstanden ursprünglich im Hinblick auf die Erfindung des Offsetdruckes. „Dieser verlangt fette Typen, damit die Kraftlosigkeit des Farbauftrages dem Leser nicht allzu peinlich zum Bewußtsein kommt. Mit dem Aufkommen des Gummidruckes stellte sich daher von selbst das Bedürfnis nach gedrungeneren Schriftformen ein." (Aus: Georg Haupt, Rudolf Koch der Schreiber, Weimar 1936, Seite 61.)

Unausgeglichene Schlagzeilen, die nicht durch die Wahl geeigneter Schriftgrade, weiter und enger Schriften in den vorhandenen Raum passen, beunruhigen die Seite. Wird eine enge Schrift unnötig verwandt, d. h. bleibt rechts und links noch freier Raum stehen, so gibt das den Eindruck von etwas Engem, Verkrampften. Fette Schriften wirken in der engen Form schwärzer, so daß die Helligkeit erst dann die gleiche bleibt, wenn die engen und schmalen Schnitte entsprechend magerer sind.

Die technischen Erfordernisse zwingen oft zu Kompromissen in der ästhetischen Behandlung und drücken leicht auf das Formniveau. Hier zeigt es sich, wie unzulänglich die Zeitungstypografie heute noch ist.

Aber der schmale, hohe Charakter der deutschen Fraktur bietet gerade für die schmale Zeitungsspalte reiche Entwicklungsmöglichkeiten. Die Fraktur sieht in der schmalen Form in der Regel besser aus als die Antiqua, die dann leicht einen gequetschten Eindruck macht. Je ausgeglichener die Seite ist, desto gepflegter wirkt sie und umso leichter liest sie sich. Daher wählen viele Zeitungen ein symmetrisches Seitenbild und gleichbleibende Helligkeit. Je dunkler die Überschrift, desto mehr „Fleisch" gebraucht sie, um eine gleichmäßig graue Seite zu erzielen.

Soviel über den äußeren Charakter der Zeitung, soweit er durch Format Aufmachung und den Gesamtcharakter der Druckschrift bestimmt ist. Ebenso bestimmend aber ist die Wahl der Schriftarten für die persönliche Gestaltung der Zeitung. Damit kommen wir zum Ausdruckswert der einzelnen Schriften.

Die Schriftgruppen und Schriftarten

Eine genaue Zahl der Schriftgruppen ist nicht anzugeben, da die Übergänge fließend sind. Doch werden in den deutschen und westlichen Druckschriften gewöhnlich acht unterschieden, von denen wir vier als germanische (deutsche) und vier als romanische (lateinische) Schriften bezeichnen. Diese Bezeichnungen sind eigentlich irreführend, denn die Lateinschrift ist ihrer Herkunft nach nicht weniger deutsch als die Frakturschriften, aber sie haben sich allgemein eingebürgert.

Germanisch („deutsch")	*Romanisch („lateinisch")*
Schwabacher	Mediaeval (Old style)
Fraktur	Antiqua (Modern)
Gotisch	Grotesk (Gothic, Sanserif)
Kanzlei	Egyptienne (Square Serif)

Dazu kommen die Akzidenzen, Kursiv- und Schreibschriften, außerdem die Bastardschriften, die die Merkmale mehrerer Gruppen vereinen. In jeder Gruppe gibt es, vor allem bei den Auszeichnungsschriften magere, halbfette, fette und extrafette sowie enge und weite Schnitte. Jede dieser Schriften bringt einen eigenen Gefühlscharakter mit.

Do Do Do Do

Gotisch Schwabacher Fraktur Neugotisch

Gotisch Die Gotische Schrift wirkt feierlich, in der deutschen Form streng, in der englischen reicher. Sie verleugnet nicht ihre Herkunft von der kirchengotischen Gitterschrift des 14. Jahrhunderts. Sie ist schmal,

streng und hat ursprünglich wenig Fülle, im Gegensatz zur runden Unziale, die man in den Klöstern der glanzvollen Kaiserzeit schrieb, und die Grundlage der Lateinschrift geworden ist. Später entwickelte sich die gotische Schrift zu größerer Fülle. Es wurde die Rundgotische, Altfraktur, Schwabacher und schließlich die Fraktur daraus.

Ursprünglich war die gotische Schrift rein aufs ornamentale eingestellt und fand sich im Ritual der Meßbücher. Sie ist steil, gerade und eckig, aber wer genauer hinsieht, findet an ihren ragenden Pfeilern gotische Ornamente. Die Schrift war also bei allem nicht formenarm. Als Gebrauchsschrift aber mußte die gotische Schrift runder und schreibgerechter werden, wie es die Unziale gewesen war. So entstand über die rundgotische „Rotunda" und die niederrheinische Altfraktur gegen 1500 die kräftige, bürgerlich anmutende Schwabacher.

Schwabacher

An der Original-Schwabacher sind die meisten Schwünge und Verbindungen rund, die an der gotischen Schrift eckig waren. Während diese von sakraler Feierlichkeit ist, hat die alte Schwabacher etwas kräftig Gediegenes, Bürgerliches. Sie paßt gut zu Federzeichnungen, Holzschnitten und Kupferstichen. Stets kann man mit ihr kräftige Wirkungen erzielen. Die Schwabacher ist neben der Rundgotischen die einfachste deutsche Schrift. Schon dieser Umstand sollte ihr heute Bedeutung geben. Allerdings läuft sie zu breit, hat zu starke Schwellstriche und zu spitze Winkel, hat wenig Führung auf der Schriftlinie und ist nicht so völlig ausgeglichen, daß sie leicht lesbar wäre. Doch sind die aussichtsreichen Versuche, eine gute Schwabacher Brotschrift für den Gebrauch in Zeitungen und Zeitschriften zu schaffen, ziemlich spärlich geblieben. Von neueren Schriften sind nur die Offenbacher und die Ehmcke Schwabacher vielversprechende Versuche gewesen. Doch sind die Möglichkeiten der Schwabacher noch nicht ausgeschöpft.

Fraktur

Durch die vielen Rundungen der Alt-Schwabacher wurde die ohnehin breite Schrift bei manchen Buchstabengruppen unharmonisch auseinandergezogen. Das wurde nun bei der weiteren Entwicklung der deutschen Schrift vermieden in der Fraktur, die mit Recht als die klassische deutsche Schrift gilt. In der Fraktur sind die Buchstaben einander besser angeglichen. Sie hat eine bessere Führung auf der Schriftlinie, verbindet Rundes mit Gradem und Eckigem und führt die Schrift damit zu größerem Formenreichtum. Zwischen 1520 und 1530 erhielt sie ihre endgültige Gestalt.

Kanzlei

Eine etwas manierierte Bereicherung der Fraktur ist die starke Verschnörkelung, die in den Großbuchstaben, in der Gabelung und weite-

ren Schnörkelung der Oberlängen zum Ausdruck kam. So entwickelte sich aus der Fraktur eine Spielart, wie sie häufig noch auf Weinkarten und an alten Kneipen zu sehen ist: die Kanzleischrift. Sie mag in manchen Zügen auch auf die Niederrheinische Altfraktur zurückgehen, war während des 19. Jahrhunderts noch verbreitet. Heute geht man völlig neue Wege, und Kochs Schriften Frühling und Claudius-Fraktur mögen wohl hier eingeordnet werden.

Neue deutsche Schriften

Heutzutage drängt alles nach Einfachheit, Klarheit, Lesbarkeit. Deshalb versucht man, unter Fortlassung aller Schnörkel und unnötigen Zierates die Vorzüge der Gotischen, Schwabacher und Fraktur zu verbinden. Geniale Synthesen fand der Schriftkünstler Rudolf Koch. Seine Schriften sind alle federgerecht, haben Duktus und Fülle und sind leicht lesbar. Die ersten Versuche seiner „Deutſchen Schrift" muten noch etwas steif an. Bessere Lösungen sind die verbreitete Offenbacher Schwabacher und die Deutſche Werkſchrift. Eine brauchbare Auszeichnungsschrift ist die Anzeigenschrift, deren Schwere durch feine Linien und scharfe Federführung gemildert wird, und die am besten in farbigen Tönen (Offsetdruck usw.) aussieht. Die (Auszeichnungs-) Schriften **Wallau**, eine Belebung der Rotunda. Neu-Fraktur und Claudius-Fraktur werden heute in ihrer einfachen Formenschönheit und Zweckmäßigkeit kaum überboten. Sie wirken organisch, denn sie knüpfen an alte deutsche Schrifttraditionen an, verbinden Rundes mit Geradem und sind streng federgerecht. Man vergleiche damit die Grotesk-Gotischen, konstruierten Elementschriften, die weder Duktus noch Fülle haben und sehr viel formenärmer sind. Ein Vorteil dieser Schriften liegt allerdings in ihrem kräftigen Gesicht, in dem feine Haarlinien vermieden werden.

Klassische deutsche Schriften

Um den organischen Charakter deutscher Schriften beurteilen zu können, ist es notwendig, die Entwicklung der Schwabacher und Fraktur zu kennen. Zum klassischen Bestande der deutschen Schrift gehören vor allem die Schriften, die bis 1800 entstanden, wie die Lutherſche, Breitkopf-, Leibniz-, Unger-, Walbaum-Fraktur. Viele dieser Schriften sind heute schon verschwunden und es ist hohe Zeit, daß man beginnt, altes wertvolles Schriftgut zu retten und zu bewahren.

Von besonderer Eigenart ist die Unger-Fraktur. Unger hat mehrere Frakturen geschnitten, von denen die uns erhaltene zu den schönsten gehört. Er schuf sie in der Absicht, eine „deutlichere und leserlichere Schrift" zu schaffen, die „dem Auge zuträglicher und gefälliger" sei. Die Schrift verbindet mit grafischer Klarheit und Helligkeit die Formenschönheit später Rokoko-Ornamentik. Hier gelang es noch einmal, der

alten Frakturschöpfung eine neue, durchgeistigte Form zu geben. Eine gewisse Ähnlichkeit mit den Unger-Frakturen hat die neuere Tiemann-Fraktur, die durch ihre einfachen Schwünge, ihre Klarheit und Helligkeit zu den leserlichsten Frakturschriften gehört.

Gute Gebrauchs-Schriften

Die meisten Schriften von 1800 ab bedeuten eine Vereinfachung oder Vergröberung. Doch wurden im Laufe des 19. Jahrhunderts auch einige sehr lesbare Schriften entwickelt, darunter Schriften von der Art der König-Type, Modernen, Amts- und Schul-Fraktur, bei denen die spitze Gabelung der Oberlängen fast vermieden wird und die kräftig wirken ohne zu dunkel zu sein. Für kleine Grade sind Alemannen- und Germanen-Fraktur geeignet wegen ihrer großen, breitlaufenden Mittellängen und ihrer guten Führung auf der Schriftlinie. Klarheit durch stärkste Vereinfachung erzielt die (im übrigen sehr grobe) Professor Krause-Fraktur. Besonders schöne neuere Frakturen sind die Drugulin-Fraktur (Alte Fraktur der Monotype), Tiemann- und Kleist-Fraktur.

Die Vergröberung begann mit den halbfetten und fetten Auszeichnungsschriften des vorigen Jahrhunderts, bei denen man zunächst die Schwellstriche bis zur Grenze des Möglichen verstärkte und dann zu einer immer schwärzeren, „teigigeren" Form überging. Man begann mit der Kugelspitzfeder, mit dem Pinsel zu schreiben. Auch die geschickt gemalte Bernhard-Fraktur, die allerdings wenig Führung auf der Schriftlinie zeigt, hat sich auf die Dauer nicht durchsetzen können.

Seit gegen Ende des 19. Jahrhunderts die große Schlagzeile in die Zeitung eingedrungen war, nahm die Schriftbarbarei schnell zu, bis man sich ganze Handflächen voll Druckfarbe ins Gesicht warf. Erst heute besinnt man sich wieder darauf, daß eine Schrift federgerecht sein sollte, und daß man sich nicht besser verständlich macht, wenn man den Leser anbrüllt. Wie auch beim gesprochenen Wort Klarheit und Deutlichkeit wesentlicher sind als Lautstärke. Es kommt also nicht nur auf die Quantität, sondern auch auf die Qualität an.

Zweischriftiges Deutsch

Die deutsche Sprache ist zweischriftig; auch die Lateinschrift wird in Deutschland mit vollem Recht für manche Zwecke verwandt. Als Gebrauchsschrift aber ist die Fraktur der deutschen Sprache angemessner. Wie schon gesagt, waren es Deutsche, die zuerst in Italien die Lateinschrift verwandten, während in England, wo William Caxton 1475 den Buchdruck einführte, die ersten Bücher noch in Alt-Fraktur gedruckt wurden. Schon deshalb ist die Bezeichnung Alt-Schrift für die Lateinschriften nicht ganz korrekt. Die Niederlande und England bevorzugten dann später die alte Mediaeval, die auf die ersten lateinischen Druck-

schriften zurückgeht (engl. Old Style), während in Italien und Frankreich später die Antiqua-Schriften (engl. Modern) gepflegt wurden. Mediaeval und **Antiqua** unterscheiden sich hauptsächlich durch die Federführung. Bei der Antiqua setzen die Serifen zur Begrenzung der Buchstaben gerade, bei den Mediaeval-Schriften schräg an. Beide gehen oft unter dem Sammelnamen Antiqua.

Antiqua und Mediaeval

Klassische Antiqua-Schriften sind **Bodoni** und Didot, klassische Mediaeval-Schriften Janson, Garamond und Caslon. In Deutschland sind die lateinischen Schriften etwas in Verfall geraten, da man sich wenig Mühe gab, später noch formvollendete Lateinschriften einzuführen. Doch sind unter anderem Ratio-Lateina und Gentzsch-Antiqua gut brauchbare Schriften. Im Westen aber wurden sie bis heute noch im Geiste der alten Tradition weiter entwickelt. Ein hervorragendes Beispiel guter Lesbarkeit ist die von Morison für die Londoner Times geschnittene New Roman, die bei uns auch unter dem Namen Toscana oder Neu-Romanisch bekannt wurde. Von guter Les- und Druckbarkeit ist die aus einer französischen Egyptienne-Antiqua in Amerika entwickelte Ionic, vor allem die Linotype Ionic Nr. 5, die ausschließlich für die Zeitung geschnitten wurde und an 2700 Blättern in Gebrauch ist. Sie läuft sehr breit, hat große Mittellängen und ein kräftiges Gesicht. Ähnlich sind Excelsior, Intertype-Regal und eine Anzahl Schriften der gleichen Art.

Egyptienne und Grotesk

Bei den modernen **Egyptienne** (amer. **Square Serif**) und **Grotesk**-Schriften (amer. **Sanserif** oder **Gothic**) fehlt ein wenig der Eindruck des Geschriebenen. Beide haben wenig oder keinen Duktus, bei der Grotesk fehlen auch die Serifen. Doch ist die Egyptienne durch ihre runde Fülle, ihr Gleichmaß und ihre ausgeprägten Serifen gut lesbar, vor allem in kleinen Graden, da sie sehr breit läuft. Als Brotschrift ist sie besonders im französischen, italienischen und amerikanischen Zeitungsdruck verbreitet (Ionic), während die Auszeichnungsschriften **Memphis**, Beton, **Welt-Antiqua** (square serif) gerne in technischen Blättern und Anzeige verwendet werden.

Die Grotesk ist, vor allem in den Großbuchstaben, als Auszeichnungsschrift sehr geeignet. Nach dem Weltkriege hat sich eine neue Groteskschrift über die ganze Erde verbreitet: Renners Futura. Es ist eine konstruierte Schrift, hervorragend druckbar, klar und sauber. Sie spricht durch ihre Einfachheit und Fülle. Ähnlich sind Erbars Grotesk, Kochs Kabel und viele andere Schriften, die fast gleichzeitig entwickelt wurden. Doch sind diese Schriften nicht eigentlich unter die organisch geschriebenen zu rechnen.

Garamond

Die Garamond, eine der älteſten Lateinſchriften, iſt auch eine der ſchönſten und leſerlichſten Mediaeval-Schriften geblieben.

Von beſonderer Eleganz iſt die Garamond-Kurſiv.

Bodoni

Eine klassische Antiqua ist die Bodoni. Die Antiqua unterscheidet sich von der Mediaeval dadurch, daß die Serifen nicht schräg, sondern wagerecht sind.

Excelsior

Als Zeitungsschrift ist im Westen die Linotype-Excelsior (aus der Linotype-Legibility-Gruppe) sehr verbreitet. Im deutschen Zeitungswesen hat sich die Lateinschrift gegenüber den charakteristischen Formen der Fraktur nicht durchsetzen können.

Times New Roman (Toskana)

Wie Ionic und Excelsior, so ist auch die Times New Roman (Toskana) nach Gesichtspunkten bester Lesbarkeit geschnitten.

Leichte Neuzeit-Grotesk

Die gleichförmige Grotesk wirkt im laufenden Text auf die Dauer eintönig und ausdruckslos, ist aber für kurze, einfache Darstellungen und für Aufschriften sehr geeignet.

Memphis

Egyptienne-Schriften wie die Memphis werden wegen ihres konstruktiven Charakters gern für technische Veröffentlichungen gewählt.

Alt-Schwabacher

Die Original-Schwabacher gehört zu den ſchönſten deutſchen Schriften, ausgeglichen, weitlaufend und ziemlich dunkel; daher für Sonderdrucke beſonders gut zu verwenden.

Ehmcke-Schwabacher

Hervorragend gut lesbar iſt die einfache und kräftige Ehmcke-Schwabacher, vor allem für den Satz in ſchmalen Spalten gut geeignet, ein Vorzug, der die Schrift deshalb bei Zeitungen und Zeitſchriften eingeführt hat.

Offenbacher Schwabacher

Ähnliche Wege der Vereinfachung geht die Offenbacher Schwabacher.

Amts-Fraktur

Eine einfache, klare Fraktur iſt an Lesbarkeit wie an Ausdruckswert bisher die zweckmäßigſte deutſche Gebrauchsſchrift geblieben. Sie vermittelt nicht Buchſtabenbilder, ſondern Wortbilder, und fördert ſchnelles Leſen. Für Zeitungen iſt die Amts-Fraktur beſonders geeignet.

Alte Fraktur

Eine in ihren Wortbildern hervorragend lesbare Buch-Fraktur iſt die ſog. „Alte Fraktur" der Monotype-Geſellſchaft, reich an Ausdruckswert, Rhythmus und Kontraſt, mit guter Führung auf der Schriftlinie. Das unterſcheidet ſie von der leicht angelehnten Bernhard-Fraktur.

Breitkopf-Fraktur

Reich an Ausdruckswert ist die klassische, edle Breitkopf-Fraktur, die auf die ersten deutschen Fraktur-Schöpfungen zu Anfang des 16. Jahrhunderts zurückgeht.

Unger-Fraktur

Elegant, durchgeistigt und beseelt, wenn auch nicht von der gleichen Gemütswärme wie Breitkopf- oder Luther-Fraktur, ist die klassische Unger-Fraktur, die gegen Ende des 18. Jahrhunderts unter Mitwirkung Didots geschaffen wurde.

Halbfette Unger-Fraktur

Auch die halbfette Unger-Fraktur zeigt alte Schriftkultur.

Tiemann-Fraktur

Eine besonders helle und leserliche Brotschrift ist die Tiemann-Fraktur, die Klarheit und Einfachheit mit großem Formenreichtum verbindet.

Kleist-Fraktur

Die Kleist-Fraktur, eine neuere Schöpfung Walter Tiemanns, zeigt die Eigenart des deutschen Schrift-Charakters gegenüber der Antiqua besonders deutlich.

Deutsche Werkschrift

Die deutsche Werkschrift ist ein Beitrag Rudolf Kochs zur neueren Fraktur.

Claudius Fraktur

Ganz neue Wege beschritt Rudolf Koch in der Claudius-Fraktur, die weit über den Charakter einer Akzidenzschrift hinaus sehr viele Möglichkeiten zeigt.

Wallau

Auf die alten rund-gotischen Schriften zurück geht die Wallau von Rudolf Koch, die wie die Original-Schwabacher ein klassisches Gepräge trägt.

Fette Fraktur

Fette Schriften sind für den laufenden Text zu schwer und ermüden den Leser.

Deutsche Anzeigenschrift

Formenreich ist die Anzeigenschrift von Koch.

König-Type

Eine sehr zweckmäßige Schlagzeilen-Schrift ist die König-Type.

Tannenberg

Die grotesk-gotische Tannenberg dient ebenfalls vorwiegend Auszeichnungszwecken.

III. Die Anwendung der druckschriftlichen Ausdrucksmittel

Graphologie der Druckschrift

Wurde im Vorangehenden der ganze Reichtum der Druckschrift an Ausdrucksmitteln dargestellt, so soll im Folgenden die Anwendungstechnik dieser Mittel betrachtet werden. Nicht nur Gesichtspunkte bestmöglicher Entfaltung, Druckbarkeit, Lesbarkeit bestimmen die Anwendung von Schriften im Druck, sondern vor allem der Gesichtspunkt bestmöglicher Angemessenheit an den Inhalt des Darzustellenden. Die Betonung wird dabei durch Schriftgrad und Schriftstärke, also durch quantitative Mittel, der Gefühlsinhalt durch die Schriftgattung bzw. Schriftart, also durch qualitative Mittel angedeutet. Nach der Übersicht über die Schriftgattungen und -Arten gilt es nun, diese auf ihre Ausdruckswerte hin zu untersuchen. Kenntnis der „Typo-Grafologie", d. h. der Ausdruckslehre der Druckschrift tut dem Publizisten ebenso not wie dem Drucker.

Der Sinn für die Kultur der Druckschrift verlangt vor allem deshalb Pflege, weil grobe und unangemessene Schriften den Leser oft zu unbewußten Rückschlüssen auf die geistige Ebene einer Zeitschrift oder Zeitung führen, was sich auf das Vertrauen des Lesers in negativem Sinne auswirkt.

Deutsche Schrift

Da die Zeitung in Deutschland in höherem Maße weltanschaulich gebunden ist als anderswo, spielt hier auch der Ausdruckswert der Schrift eine größere Rolle als dort, wo die Zeitung nur Nachrichtenblatt ist.

Die deutsche Schrift ist wärmer und gemütvoller als die Lateinschrift, die in der deutschen Sprache so nüchtern wirkt, daß sie sich in der deutschen Zeitung, von

Ausnahmen abgesehen, nicht einbürgern konnte – „denn die lateinischen Buchstaben hindern uns über die Maßen sehr, gut deutsch zu schreiben", meinte Luther. „Deutsche Bücher mit lateinischen Buchstaben lese ich nicht", sagte Bismarck. Auch Kant, Goethe, Schopenhauer traten für die deutsche Schrift ein. „Sollten wir vielleicht der Bequemlichkeit der Ausländer wegen unsere eigene Schrift aufgeben?" fragt Hans Thoma. „Nun, dann wird man wohl bald verlangen, daß wir, weil es dem Ausländer bequem ist, unsere deutsche Sprache aufgeben!"

Nur Kritiken, Wirtschaftsteil, Technik und entsprechende Abhandlungen werden öfter in der kühleren, sachlicheren Antiqua gesetzt. Im allgemeinen hat aber die deutsche Zeitung eine Brotfraktur beibehalten, die sich in den meisten Blättern nicht allzu sehr unterscheidet. Sie ist ziemlich mager, da die reiche Form der Fraktur bei stärkerem Duktus das Bild der Seite zu dunkel machen würde. Vereinfachungen wie die Offenbacher oder Ehmcke Schwabacher setzten sich bisher nur versuchsweise in Zeitschriften durch.

Ausdruckwert der Zeitungsköpfe

Während es in den Textschriften auf leichte Lesbarkeit ankommt, ist die Abwechslung in Köpfen und Überschriften umso größer. In einem unbezwingbaren Drang nach Originalität ist die Mehrzahl der deutschen Zeitungsköpfe nicht gesetzt, sondern nach handgeschriebenen Entwürfen mehr oder weniger begabter Kunstgewerbler angefertigt. So die bekannte „General-Anzeiger-Kanzleischrift", die heute allmählich den einfachen, groben „Element"-Schriften weicht, die erste zu überladen, die zweite zu monoton, beide verhältnismäßig zu schwer, um den Inhalt gut zur Geltung zu bringen. Diesen Fehler machen die meisten Schriftkünstler bei Zeitungsköpfen, daß sie nicht die ebenfalls schwere Schlagzeile, die gleich darunter kommt, berücksichtigen. Es wird dann notwendig, einen Wust platzraubender, dem Leser gänzlich gleichgültiger redaktioneller Mitteilungen, die auch im Impressum erscheinen könnten, noch in den Zeitungskopf hineinzustopfen, um eine Isolierschicht zwischen Titelkopf und Schlagzeile herzustellen. Gediegen wirken in der Regel die *gesetzten Köpfe,* bei denen die Originalitätssucht auf ein erträgliches Maß gebändigt wurde (die frühere Vossische Zeitung).

Zweckmäßig und gut gezeichnet ist der Kopf des Völkischen Beobachters. Niedrig und leicht gehalten, um die Wirkung der Schlagzeile nicht zu stören und nicht zuviel kostbaren Platz wegzunehmen, durchaus persönlich und doch nicht berstend vor Originalität, und endlich — was sehr wirksam ist: eine Antiqua im Gegensatz zur Fraktur der Schlagzeile.

Angemessene Schlagzeilen

Schon der Kopf einer Zeitung gibt einen Eindruck davon, ob das Blatt dem Leser dienen oder ihn „vergewaltigen" will, ob ihre geistige Ebene hoch oder niedrig ist. Schriftart, Stärke und Schriftgrad der Schlagzeile

verstärken diesen Eindruck. Da die Größe der Schlagzeile der Bedeutung des Inhaltes angemessen sein muß, gilt für die Drucktechnik derselbe Grundsatz wie für alle Technik: *Mit dem Aufwand sparen.* Die Schlagzeile über einem Tagesereignis darf daher nicht so groß sein, daß bei einem bedeutenderen Ereignis nicht eine noch größere Schlagzeile möglich wäre. In ähnlicher Weise muß die Schrift der Schlagzeile dem Formniveau der Zeitung angemessen sein.

Gefühlswert der Überschrift

Es gibt „feinfühlige" und „grobknochige" Schriften. Zu den ersten gehören Schriften mit mäßig geschwelltem Duktus, die graphisch klar, federgerecht und nicht zu fett sind. Die groben Schriften wirken dagegen durch Quantität, durch Größe und Schwärze ohne Rücksicht auf den geistigen Gehalt der Schrift. Zeitungen mit sehr groben Schriften wenden sich meistens an die Massen, die für grobe Reize empfänglich sind. Zeitungen, die feinfühlige Schriften führen, wenden sich an ein geistigeres Publikum, bei dem es mehr auf stabiles Vertrauen als auf Augenblicksreaktionen ankommt. Die Londoner Times mit ihrer zurückhaltenderen Aufmachung und ihrer kleineren Auflage ist politisch bedeutend einflußreicher als Massenblätter mit Millionenauflagen. Kein Blatt legt aber auch mehr Wert auf gepflegten Druck als gerade die Times. Der Einfluß der Zeitung beruht auf dem Vertrauen des Lesers, das durch unangemessene, schreiende Aufmachung leicht zerstört werden kann. Bei der unruhigen Aufmachung des „Intransigeant" kommt es z. B. garnicht darauf an, Vertrauen zu erwecken. Es sollen Sensationen verkauft werden, und die Aufgeregtheit ist gewissermaßen Selbstzweck.

Das Formniveau

Ludwig Klages, der Meister der Handschriftendeutung, bezeichnet das Formniveau als ein entscheidendes Merkmal der Handschrift, und im übertragenen Sinne können wir auch von einer Formebene der Druckschrift reden. Der Geist der Fraktur und Antiqua hat sich aus den ersten Druckschriften gegen Ende des 15. Jahrhunderts entwickelt und bis gegen Ende des 18. Jahrhunderts die letzten Wesensmerkmale vervollkommnet. Die Schriften des 19. und 20. Jahrhunderts bringen wieder Vereinfachung und Vergröberung, vor allem im Hinblick auf die Verwendung in der Zeitung. Die Vereinfachung wurde angestrebt, um leichtere Auffaßbarkeit und Lesbarkeit zu erreichen. Nur zu oft aber ging dieses Streben auf Kosten des Formniveaus, des Geistes der Schrift, ohne daß tatsächlich eine größere Einfachheit und Klarheit erreicht wurde.

Stufen

Klages bringt diese Formniveaus in eine Wertskala von 1 bis 6, wobei 1 eine sehr hohe, 6 eine sehr niedrige Formebene bezeichnet. Danach würden die klassischen, „organisch" entwickelten und empfundenen Druckschriften: Luther, Breitkopf, Unger, Original-Schwabacher usw.,

von den Lateinschriften Garamond, Caslon, Bodoni, Didot u. a. m. das Prädikat 1 bekommen, während eine teigige, fette Grotesk oder eine der seelenlosen konstruierten Konjunkturschriften kaum über das Formniveau 5 hinausragen würden. Gleich hinter den klassischen Schriften zu nennen wären die Tiemann-Fraktur und Tiemann-Gotisch, Alt-Englisch und bessere Buchfrakturen, die Times New Roman, Kochs Werkschrift, Wallau u. a.

Auf der dritten Ebene bewegen sich die meisten deutschen Brotschriften und die fetten Auszeichnungsfrakturen, die von der Mitte des vorigen Jahrhunderts ab entstanden. Ebenso Schriften, die weniger ihrer Schönheit als ihrer Zweckmäßigkeit wegen im Zeitungsdruck verbreitet sind, wie die Linotype-Excelsior und Ionic Nr. 5, sowie bessere Akzidenzen. Etwas tiefer stehen die meisten deutschen Buch-Antiqua-Schriften, die sich schon wesentlich von der Höhe der Caslon und Didot entfernt haben.

Auf vierter Stufe befinden sich die besseren Egyptienne- und Groteskschriften wie Memphis und Futura, alle gut konstruierten und gezeichneten, aber nicht mehr „geschriebenen" Schriften, darunter auch die „synthetischen" neugotischen Stabschriften und Neufrakturen.

Nun sinkt die Formebene schnell. Auf fünfter Stufe stehen Auszeichnungsschriften ohne Gefühl für Werden, Stil und Angemessenheit der Schrift, unausgewogene Groteskschriften, teigige Blockschriften, billige Akzidenzen und ähnliches. Auf der tiefsten Stufe endlich fehlt jeder Eindruck der Klarheit und Sauberkeit; die Schriften machen den Eindruck, als seien sie von Betrunkenen mit Kreide an Mauern gemalt oder von Meisterstützen in Holzwände geschossen worden. In ihnen ist die Auflösung jeglichen Formgefühls erreicht.

Formstufen in der Zeitung

Es ist leicht zu erkennen, daß Zeitungen in der Regel nicht die Träger höchsten Formniveaus sind. Die erste Stufe ist allenfalls in sehr gepflegten Zeitschriften anzutreffen; die besten Zeitungsformen liegen zwischen der zweiten und vierten Stufe. Zeitungsschriften sollen weniger schön an sich als zweckmäßig sein. Gerade für die Schlagzeile sind einfache und gröbere Schriften zweckentsprechender. Niemand wird von der „Deutschen Reichsschrift" der D.A.Z. mit ihrer vorzüglich ausgewogenen Druckdichte behaupten wollen, sie sei eine „schöne" Schrift. Hervorragend zweckmäßig ist die Königtype. Je mehr die Zeitung Straßen- und Massenblatt ist, desto geringer werden die Ansprüche an das Formniveau. Morgenzeitungen stehen in der Regel auf höherer Stufe als Abendblätter, die auf den Straßenverkauf angewiesen sind. Die tiefsten Stufen finden sich meistens im Anzeigenteil.

Da die Zeitung aber oft den Anspruch erhebt, Träger kultureller Werte zu sein, wird dieser Anspruch umso glaubhafter, je höher das Formniveau ist. Sensationsblätter gelten in der Regel nicht als sehr wertvolle Vertreter des Zeitungswesens. Selbst wo sie von Millionen gelesen werden, üben sie doch nicht den Einfluß einer geistig führenden Zeitung aus, selbst wenn diese keine 100 000 Leser hat. Deshalb wird eine Zeitung mit kulturellen Ansprüchen in der Betonung ihrer Schlagzeilen zurückhaltend sein und zwischen zwei Schriften gleicher Betonung die mit dem höheren Formniveau wählen. Man vergleiche den Unterschied im Formniveau zwischen diesen beiden gleichfetten Buchstaben:

Graphologie der Ausdruckswerte

Im folgenden mögen einige Gefühlswirkungen von Schriftzügen genannt werden, die den Charakter einer Druckschrift ausdrücken.

Wechselzug-Duktus (Schwellstrich und Haarstrich): feinnervig.
Schnurzug-Duktus (keine Wechselzüge), grobe Grotesk: grob.
Volle Rundung: Reich, kräftig, lebensbejahend.
Spitzeckige Schriften ohne Fülle: provozierend, radikal, einseitig.
Schwung: Fantasie.
Schwunglos: nüchtern.
Schärfe, bestimmte Formen: feinfühlig, bestimmt.
Teigigkeit, unbestimmte Formen: lebensbejahend, sinnlich, grob.
Extrafett: Geltungsbedürfnis, aufdringlich, protzig.
Fett: Sehr laut, wichtig, aufdringlich.
Halbfett: kräftig.
Mager: ausdruckslos, nüchtern, zart.
Verschnörkelung: Originalitätssucht.
Vereinfachung: Ordnungssinn, Geschmack, Sachlichkeit, Bestimmtheit.
Große Schrift: Idealistisch, leidenschaftlich, überspannt, kritiklos.
Kleine Schrift: Gewissenhaft, maßvoll, nüchtern.
Weite: Freimut, Ungebundenheit, Flüchtigkeit.
Enge: Mäßigung, Mißtrauen, Kleinlichkeit.
Schrägschrift: Lebendigkeit.

Wirkungen

Durch eine bewußte Anwendung der Schriftmerkmale lassen sich entsprechende Wirkungen erzielen.
Die Ausdruckstätigkeit in der Zeitung und Zeitschrift beschränkt sich nicht allein auf die Schrift, sondern auf die ganze Aufmachung. Eine symmetrische, übersichtliche, helle, ebenmäßige und ausgeglichene Aufmachung ist einer unsymmetrischen, unübersichtlichen, dunklen, fleckigen und unausgeglichenenAufmachung an Formniveau überlegen. Endlich ist eine Zeitung oder Zeitschrift ein Ganzes: die Anzeigenseiten gehören auch dazu. Auch auf diese sind die vorstehenden Merk-

male anwendbar. Gewöhnlich sind die Anzeigenseiten dunkel und fleckig, ohne daß das der Werbewirkung zugute käme. Im Gegenteil wirken sie wenig sauber und sind außerdem unwirtschaftlich. Der starke Verbrauch von Druckfarbe macht nämlich das Papier zu dunkel, daß es als Altpapier nicht wieder für ähnliche Zwecke zu verwenden ist, da es noch kein zuverlässiges Mittel zum Entfernen der Druckfarbe gibt.

Die Anzeigenseite ist in der Regel lebhafter als andere Seiten. Durch Ausgleich der Helligkeiten kann man jedoch dafür sorgen, daß die Seite nicht fleckig wird. Die Dunkelheiten werden nach Gewichtsausgleich verteilt. Die gesamte Druckdichte der Seite sollte möglichst nicht dunkler sein als bei einer Textseite; deshalb: je stärkere Schriften, desto mehr weißer Raum. Das gilt auch für Kopf und Überschrift. Anzeigen können auch zur Belebung von Textseiten verwandt werden, stören allerdings, wenn sie den Text unterbrechen. Außerdem ist der Leser mitten im Text auch gar nicht so aufnahmefähig für Anzeigen, die eine unwillkommene Störung beim Lesen sind.

Anwendungen

Um eine gleichmäßige Helligkeit der Seite (Druckdichte) zu erzielen, ist es an einigen amerikanischen Zeitungen, z. B. der New York Times, zur Vorschrift geworden, schwarze Flächen von einer gewissen Größe ab zu einem lichteren Grau aufzurastern. Die Chicago Tribune rastert sogar ihre großen Schlagzeilen. Auch werden schwarze Stellen niemals „teigig", sondern stets mit grafischer Klarheit und Feinheit behandelt, so daß nie ein plumpes Bild entsteht. Keine Trauerränder, sondern nur feinere Linien zur Begrenzung. Je klarer, heller und übersichlicher eine Anzeigenseite aussieht, desto größer ist der Gewinn für die ganze Zeitung.

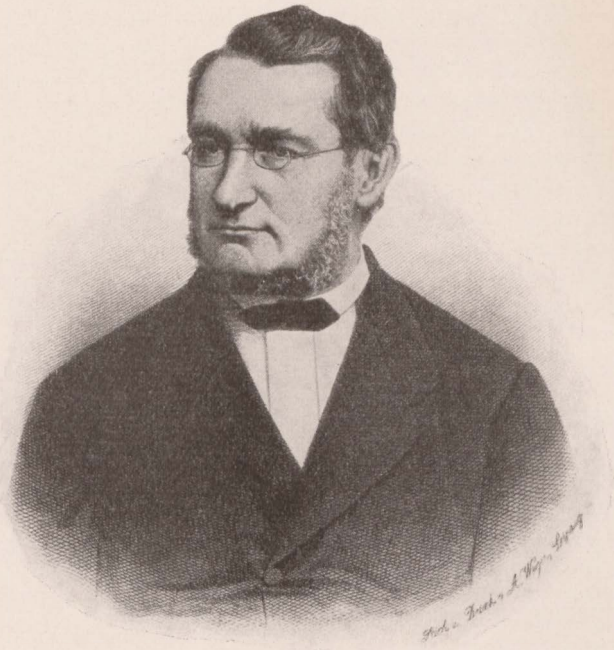
Schlußwort

Fassen wir zusammen. Der technische Fortschritt muß zu einer immer weitergehenden Zweckmäßigkeit in der Gestaltung der Druckschrift führen. Gute Druckbarkeit, schnelles Lesen, Schonung der Augen: Diese Forderungen stellen sich immer klarer.

Deutschland ist ein zweischriftiges Land: Die reiche, ausdrucksvolle Fraktur und die einfache, klare Antiqua bestehen hier nebeneinander. Der schier unübersehbare Reichtum an Druckschriften aber erschwert oft die Übersicht, und darunter leidet die Schriftkultur mancher Druckereien. Deshalb ist es notwendig, den Drucker bei dem Wust von Modeschriften immer wieder auf einen Stamm „klassischer" Schriften zu verweisen, die noch dazu den Vorzug haben, nicht zu veralten. Da eine bessere Kenntnis der Druckschriften zur Verbreitung typografischer Kultur beiträgt, verdient der Brauch, bei jedem Buche am Schlusse die Namen der Schriftarten und der Druckerei zu nennen, allgemeine Verbreitung.

Die Fraktur gewährt wegen ihrer charakteristischen Wortbilder den Vorzug schnellen Lesens. Um aber auch die Augen besser zu schonen, muß die charakteristische Schriftform mit Klarheit und einem günstigen Verhältnis von Haar- und Schwellstrich verbunden werden. Hier ist eine maßvolle Ausgeglichenheit im Strich wie auch Klarheit in der Behandlung von Einzelformen häufig noch zu vermissen. Es kommt weniger darauf an, neue, orignelle Formen zu finden, die sich bald überleben, als die klassische Gestalt der Fraktur unter strenger Wahrung ihres Geistes und Rhytmus zu größerer Einfachheit und besserer Lesbarkeit, bei größter Schonung der Augen zu führen.

Bremen, den 30. Mai 1939.



Wahrheit ist Ziel zur Anerkennung muß mein Werk,
u. Zeitgenossen ob mich ungerecht zu rasch schelten Hohn.

Dr J. R. Mayer.

Julius Robert Mayer

geb. 25. November 1814 in Heilbronn
gest. 20. März 1878 in Heilbronn

Julius Robert Mayer

Von *Conrad Matschoß VDI*, Berlin

Am 25. November 1814 wurde dem Apotheker „Zur Rose" in Heilbronn, *Mayer*, ein dritter Sohn geboren, der den Namen *Julius Robert* erhielt. Im engeren Familien- und Verwandtenkreis freudig begrüßt, sollte dieser kleine Knabe zu einem der großen Männer der Naturwissenschaften werden, der mit *Newton, Galilei* und *Kepler* nebeneinander zu nennen ist.

Ein Jahrhundert später wollte, zum ehrenden Gedächtnis des dann in der ganzen Welt der Naturwissenschaften uneingeschränkt anerkannten Forschers, der Verein deutscher Ingenieure und die Technische Hochschule Stuttgart aus Anlaß der hundertjährigen Wiederkehr seines Geburtstages eine große Feier veranstalten. Alles war vorbereitet. Große Männer, auch des Auslandes, wären sicher gern zu einer solchen Feier nach der schwäbischen Hauptstadt gekommen. Hier hätten die Ingenieure, die Chemiker, die Mediziner, die Physiologen, die Astronomen, die Biologen, kurz alle Kreise der Naturwissenschaften sich treffen können, um Zeugnis abzulegen, was ihnen auf ihrem Gebiet *Julius Robert Mayer* heute noch bedeutete.

Am ersten Geburtstag *Robert Mayers* war gerade der erste der Freiheitskriege über Deutschlands Grenzen weit nach Frankreich gebraust. Endgültig glaubte man die Zwangsherrschaft Napoleons gebrochen. In Wien hatten sich ungezählte Souveräne europäischer Staaten zusammengefunden, um am grünen Tisch, umrauscht von stolzesten Festen, sich über die zukünftigen Grenzen der Besitzungen dieser Souveränen zu unterhalten. Von den Völkern war hier nicht die Rede. Es handelte sich nur um die Farben der Landkarte, so wie die mächtigsten der Fürsten sie zu haben wünschten.

100 Jahre später wurde die Durchführung der geplanten großen Feier in Stuttgart verhindert, denn das deutsche Volk in Waffen war wieder einmal gezwungen worden, westwärts zu marschieren: der Weltkrieg hatte begonnen. Als man dann am 20. März 1928 daran denken konnte, zur Erinnerung an den fünfzigsten Todestag eine gemeinsame, würdige Feier zu veranstalten, da war im damaligen Deutschland keinerlei Stimmung, solche Erinnerung zu begehen.

Im stillen Heilbronn, in der vom Vater 1810 gegründeten Apotheke, wuchs der Knabe heran. Der Vater wird uns als ein vielgereister Mann von reichen Kenntnissen geschildert, der für die Wissen-

schaft sehr viel übrig hatte. Über die ersten Jahre wissen wir nichts. Er besuchte das Gymnasium, aber er fand kein inneres Verhältnis zu den damals so überaus stark gepflegten alten Sprachen. Weder Lateinisch noch Griechisch interessierte ihn. Er lernte mehr aus der Umgebung, die ihm innig vertraut wurde in ihren Bergen und Wäldern. Der Vater selbst pflegte in chemischer und physikalischer Richtung seine drei Söhne anzuregen, und der Inhalt einer solchen alten Apotheke gab auch immer wieder neue Aufschlüsse.

Hier in Heilbronn war er besonders eng befreundet mit *Gustav Rümelin,* dem späteren Professor und Kanzler von Tübingen. Als sein Freund in das evangelische theologische Seminar nach Schöntal kam, wollte *Robert Mayer* mit der ganzen Zähigkeit seines Willens auch dorthin zur Schule gehen, und er setzte seinen Willen durch. Aus dieser Zeit des jungen werdenden Menschen mit aller seiner leidenschaftlichen Schwärmerei für Freundschaft, haben wir eine kurze Schilderung *Rümelins,* die diesen jungen *Robert Mayer* uns besonders nahebringt.

Rümelin erzählt von dieser Zeit: „Er war ebenso beliebt und geachtet bei den Lehrern wie bei den Mitschülern. Er gab sich stets ganz wie er war; es kam kein unwahres Wort aus seinem Munde, er hatte eine volle und freudige Anerkennung für fremde Vorzüge und trat niemandem zu nahe. Er war nach seiner Gemütsart eine anima candida zu nennen. Aber alles, was er sagte und tat, trug den Stempel der Originalität. Sein Gedankengang, der ganz logisch war, bei dem er aber die verbindenden Mittelglieder übersprang oder unausgesprochen ließ, war stets überraschend und oft verblüffend; bis man den Faden gefunden, war er schon wieder woanders angekommen. Und da es an Witz und gutem Humor nicht fehlte, so war seine Unterhaltung stets ergötzlich. An Zitaten und Sentenzen aus Bibel und Gesangbuch, aus Sprichwörtern, Dichtern und alten Autoren war er unerschöpflich und wußte sie anzubringen, wo sonst kein Mensch an sie gedacht hätte. Manche sahen ihn stets verwundert und erwartungsvoll an und lachten über jedes Wort, das er sprach. Einzelnen war ein solches Feuerwerk von Gedankensprüngen unbehaglich."

In diesem Seminar aber wurden besonders hohe Anforderungen an die Sprachen gestellt, so daß *Mayer* hier recht schlecht abschnitt; nur in der Mathematik wurde er mit „Recht gut" beurteilt. Mit Not und Mühe bestand er, stets einer der letzten in der Klasse, schließlich doch noch die Abiturientenprüfung. Mit 17½ Jahren, im Frühjahr 1832, ging es nun zur Landesuniversität nach Tübingen. „Bist du Herr deiner selbst geworden, dann lebst du frei und unabhängig allerorten" schrieb ihm damals sein Vater in sein Stammbuch. Die-

sen Spruch hatte der Sohn 46 Jahre lang über seinem Schreibtisch hängen.

Die beiden älteren Brüder sollten einst die Apotheke übernehmen. Sie hatten Naturwissenschaft und besonders die Chemie in ihr Arbeitsfeld einbezogen. Der jüngste, *Robert Mayer,* sollte Mediziner werden. Hiermit hat er sich auch in erster Linie beschäftigt und sich um philosophische und mathematische Vorträge überhaupt nicht gekümmert. Die Natur war und blieb ihm sein liebster Umgang. Ganz bewußt lehnte er es ab, sich nur ein Spezialwissen anzueignen. Der ganze Mensch muß ausgebildet werden, vor allem nicht nur der Geist, sondern auch der Körper.

Hier in Tübingen gewinnt er neue Freunde; die späteren angesehenen Ärzte *Griesinger, Wunderlich* seien genannt, und der spätere Dichter und Theologe *Karl Gerok.*

Mit den Freunden war er auch ein echter froher Student. Man hört, daß er selten vor der Polizeistunde nach Hause gekommen sei. Damals schwärmte man besonders für die „edlen Polen", und wir wissen, wie auch hier der junge Student *Robert Mayer* begeistert für diese Polen sich eingesetzt hat. Er will für seinen Glauben gern den Tod erleiden. Die Tyrannen müssen sterben.

Er gründete mit das Corps Guestphalia. Aber diese Vereinigung mußte sich wieder auflösen, denn der deutsche Bundestag wollte von Studentenverbindungen nichts mehr wissen. Beim Verlassen der Universität aber wollte man noch einmal die verbotenen Bänder tragen. Sie wurden angezeigt und *Mayer* und die anderen Stifter und Chargierten von der Universität auf ein Jahr entfernt. *Mayer* hatte sowieso vor, nach den 10 Semestern Tübingen zu verlassen, und er hat dann noch weiter in München und Wien studiert. Aber schon 1838 kann er mit besonderer Erlaubnis in Tübingen seine erste medizinische Prüfung bestehen. Er erwarb dann den Doktor der Medizin und Chirurgie. Bald darauf bestand er die medizinische Hauptprüfung in Stuttgart.

Inzwischen war in ihm, durch einen Ausflug nach der Schweiz angeregt, der schwäbische Wandertrieb erwacht, und er beschloß, als Schiffsarzt, in holländischen Diensten, nach dem fernen Indien zu fahren, um diese Märchenländer auf sich wirken zu lassen, und er rechnet sich auch wirtschaftliche Vorteile aus. Aber hier hatte er den Widerstand des Vaters, vor allem der Mutter, die sich von ihrem Lieblingssohn nicht so lange trennen wollte, zu überwinden. Auch das gelang. Aber in Holland wartete man nicht gerade auf *Robert Mayer,* und so zog sich die Anstellung immer wieder hinaus.

Mayer ging jetzt nach Paris, um dort in Kliniken noch für seine Medizin einiges zuzulernen. Er traf hier einige seiner Freunde, dar-

unter auch den späteren Professor der Mathematik an der Hochschule in Stuttgart *Baur* und *Griesinger* wieder, und nun kam endlich auch die Aufforderung, in Holland das für die Reise notwendige Examen als Schiffsarzt in holländischen Diensten abzulegen. Die Prüfung wurde bestanden und am 22. Februar 1840 war es endlich so weit, daß sich der 25jährige *Robert Mayer* auf dem Segelschiff „Java" von Rotterdam aus nach Holländisch-Indien begeben konnte. Die Reise ohne Aufenthalt dauerte mehr als drei Monate; über zwei Monate hatte man kein Land gesehen. Endlich am 4. Juni 1840 kam man in Surabaya an.

Ein sehr sorgfältig geführtes Tagebuch *Mayers* auf jener langen Seereise gibt uns nicht viel Aufschluß über seine Erlebnisse. Es ging ihm an sich gesundheitlich sehr gut, er hat sehr wenig zu tun und kann sich mit allem Behagen in mitgebrachte wissenschaftliche Bücher vertiefen. Ein alter Steuermann macht ihn mit der Tatsache bekannt, daß das Meer nach harten Stürmen immer merklich wärmer sei als vorher. Das ist die einzige Beziehung in dem Tagebuch zu den weiterfolgenden großen wissenschaftlichen Entdeckungen.

Wir finden im Reisebuch unter anderem die folgende Eintragung: „Eine harmlose Gemütsruhe, deren ich mich nun seit längerer Zeit erfreue und die mich zu wissenschaftlicher Beschäftigung vorzugsweise disponiert, läßt mich auch in Dürftigkeit und in Entfernung von jedem gleichgestimmten Wesen die Tage fröhlich durchleben, von denen keiner sonder Interesse vorübergeht". Er rühmt dann seine feste Gesundheit. In der Selbstbeherrschung habe er auch große Fortschritte gemacht.

Hier in Surabaya, mit der Energie, die während der langen Reise in ihm aufgespeichert war, erlebt er nun das größte geistige Ereignis seines Lebens.

Ostwald weist darauf hin, wie diese Entdeckung sich dem Entdecker ganz unbewußt vorbereitet habe, um ihn dann mit plötzlicher Gewalt zu überfallen. Es erinnere an die blitzartigen Erscheinungen der religiösen Erweckung, etwa an die Bekehrungsgeschichte des Apostel Paulus in Damaskus. Man muß an unseren großen deutschen Philosophen *Lichtenberg* in Göttingen denken, der einmal gesagt hat, „man solle nicht sagen, ich denke, sondern es müsse heißen, es denkt".

Eine Beobachtung beim Aderlassen auf der Reede von Batavia gibt den äußeren Anlaß zur Entdeckung. *Mayer* berichtet, daß er beobachtete, daß das der Armvene entfließende Blut eine ungemeine Röte aufwies, so daß er erst glaubte, eine Arterie getroffen zu haben. Diese Beobachtung fesselte ihn derartig, daß ihn der Gedanke, in diese Vorstellung begriffliche Ordnung zu bringen, nicht mehr los ließ. Wie es damals um ihn stand, können wir rückblickend aus

einem Brief an seinen Freund *Griesinger* vom 14. Juni 1844 am deutlichsten entnehmen:

„Die Beobachtung der veränderten somatischen Verhältnisse unserer Schiffsmannschaft in den Tropen gab wieder neuen Stoff zum Nachdenken. Will man über physiologische Punkte klar werden, so ist Kenntnis physikalischer Vorgänge unerläßlich, wenn man nicht vorzieht, von metaphysischer Seite her die Sache zu bearbeiten, was mich unendlich disgoutiert; ich hielt mich also an die Physik und hing dem Gegenstand mit solcher Vorliebe nach, daß ich, worüber mich mancher auslachen mag, wenig nach dem fernen Weltteile fragte, sondern mich am liebsten an Bord aufhielt, wo ich unausgesetzt arbeiten konnte und wo ich mich in manchen Stunden gleichsam inspiriert fühlte, wie ich mich zuvor oder später nie etwas ähnliches erinnern kann. Einige Gedankenblitze, die mich, es war auf der Reede von Surabaya, durchfuhren, wurden sofort emsig verfolgt und führten wieder auf neue Gegenstände. Jene Zeiten sind vorbei; aber die ruhige Prüfung dessen, was damals in mir auftauchte, hat mich gelehrt, daß es Wahrheit ist, die nicht nur subjektiv gefühlt, sondern auch objektiv bewiesen werden kann. Ob dieses aber durch einen der Physik nur so wenig kundigen Mann geschehen könne, dies muß ich natürlich dahingestellt sein lassen. Kommen wird der Tag, das ist ganz gewiß, daß diese Wahrheiten zum Gemeingut der Wissenschaft werden; durch wen dies aber bewirkt wird und wann es geschieht, wer vermag das zu sagen?"

Auch in einem vier Jahre späteren Brief an die Pariser Akademie hat *Mayer* Surabaya als den Ort angegeben, in dem er das Energiegesetz entdeckt habe.

An seinen Freund *Baur* schreibt *Mayer* im Juli 1841, daß er, „von physiologischen und pathologischen Untersuchungen ausgehend, in das Gebiet der Chemie und Physik geführt worden sei, und daß sich ihm eine Naturanschauung ausgebildet habe, welche eine unübersehbare und wirklich unendliche Reihe von bis jetzt unklärbaren Erscheinungen völlig aufhellte, daß diese Forschungen während der ganzen Reise ausgemacht und sie allein ihn für alle Beschwerden eines so weiten Weges entschädigt hätten".

Von der Rückreise von Holländisch-Indien, die 121 Tage dauerte, gibt es kein Tagebuch, keinerlei Aufzeichnung. Er wird mit den Ideen, die ihn so tief innerlich bewegten, genug beschäftigt gewesen sein. Ihm ging es wie dem großen Ingenieur *James Watt,* der, von dem Gedanken an die Dampfmaschine besessen, einmal seinem Freund schrieb: „Ich muß an die Maschine denken Tag und Nacht". Nicht nur er hatte das große neue Problem, das er innerlich erschaut hatte, dieses neue große Gesetz, nach dessen Formulierung er rang, besaß auch ihn.

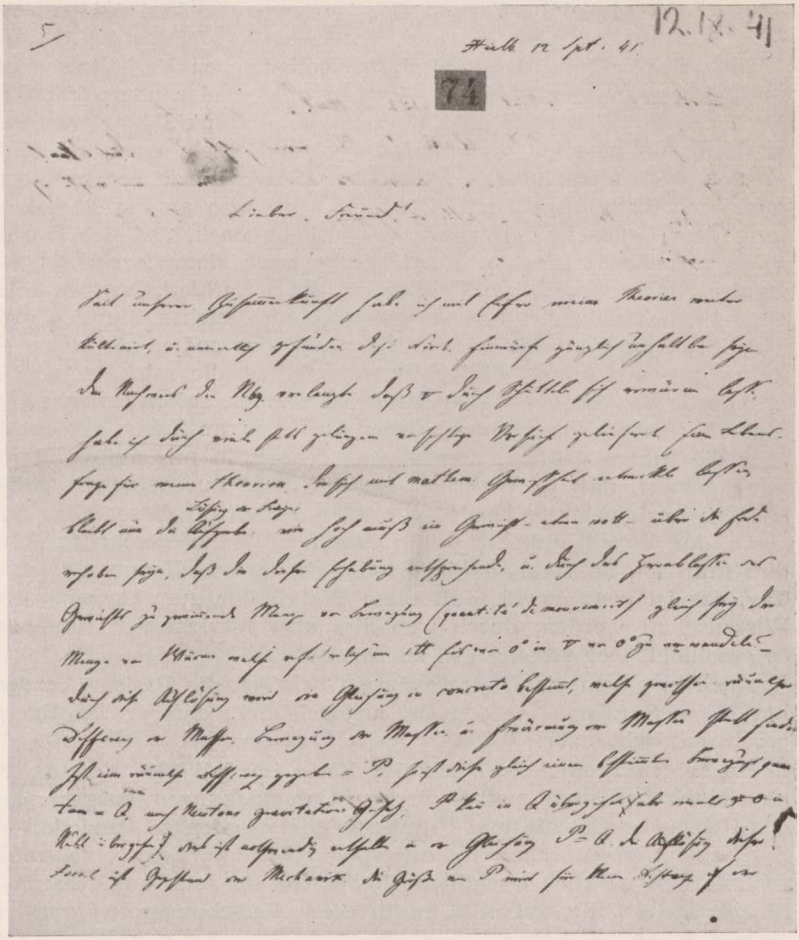
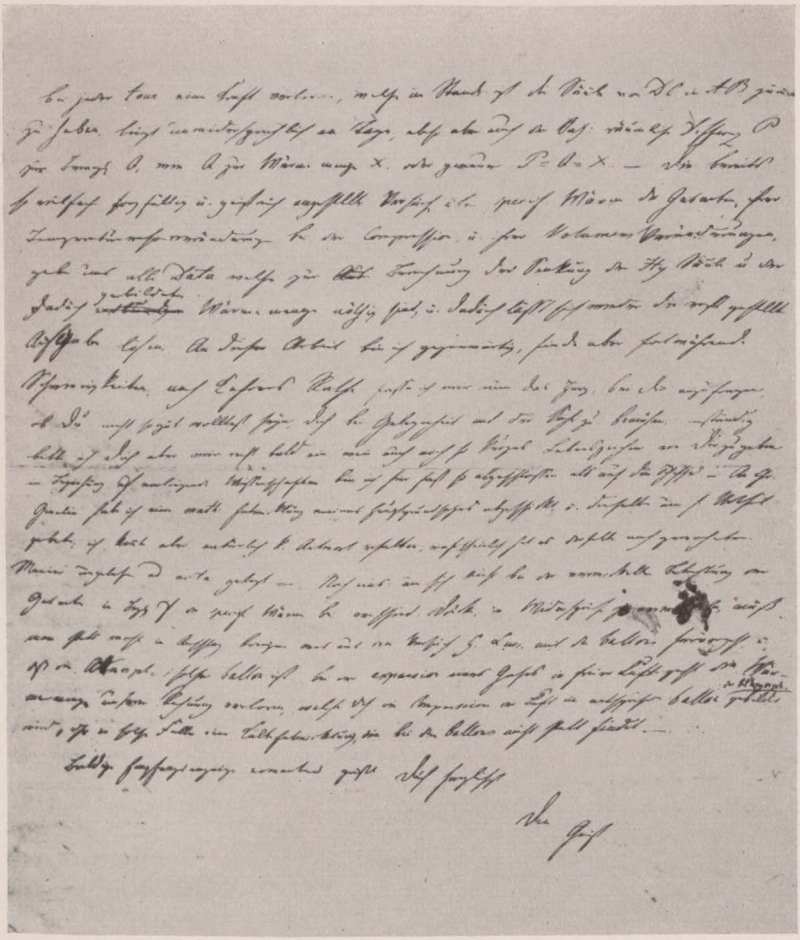


Bild 1. Erste und letzte Seite eines Briefes vom 12. September 1841 über die Umwand-
(Aus der Handschriftensammlung

Nach Heilbronn zurückgekehrt, beginnt er, sofort die Gedanken auch anderen mitzuteilen. Er will wissen, wie andere sich dazu stellen. Sein ganzes Denken wird zunächst von der Chemie beherrscht. *Lavoisiers* Theorie der physiologischen Oxydation beherrscht auch *Mayers* Gedankenkreis. Er schreibt an seinen Freund, daß Chemiker



von J. R. Mayer an seinen Freund Carl Baur
lung von mechanischer Energie in Wärme.
des Deutschen Museums)

durchaus an dem Grundsatz festhalten, die Substanz sei unzerstörlich. Und er fährt dann weiter fort: „Ganz dieselben Grundsätze müssen wir auf die Kräfte anwenden; auch sie sind wie die Substanz unzerstörbar, auch sie kombinieren sich miteinander, verschwinden so mit der alten Form (werden quantitativ 0 = Null), treten dafür in einer

neuen auf ..... Die Kräfte (an deren strengen philosophischen Entwicklung ich es nicht fehlen lassen will, sobald du es wünschtest) sind Bewegung, Elektrizität und Wärme".

Nun beginnt die Durcharbeitung des Erschauten. Im Februar 1841 ist *Mayer* wieder in Heilbronn. Er läßt sich hier als praktischer Arzt nieder. Mit 26 Jahren wird er schon Oberamtswundarzt des Oberamtes Heilbronn und dann Stadtarzt. Ganz im Schatten der großen Nikolaikirche, im Hause Kirchhöfle 13, beginnen die Arbeiten. Im folgenden Jahre verheiratet sich *Robert Mayer* mit *Wilhelmine Closs* aus Winnenden bei Stuttgart. In seiner Frau gewinnt er eine treue Lebensgefährtin, die mit ihm auch die bald nun einsetzende schwerste Zeit seines Lebens durchhält. Sie konnte zwar nicht an seinem Geistesflug teilnehmen, aber er hat sein Leben hindurch dankbar anerkannt, wie sie als Frau und Mutter seiner Kinder ihm das Haus bereitet hat und bei ihm in schwerster Zeit ausgehalten habe.

Hier entsteht jetzt die erste seiner Arbeiten „Über die quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte". In den „Annalen der Physik und Chemie", von *Poggendorff* herausgegeben, möchte er sie gedruckt sehen. Er schickt die Arbeit ein, aber er erhält keine Antwort und auch nicht das Manuskript zurück. Erst 36 Jahre später ist dieser erste Aufsatz gedruckt worden. *Mayer* hat dies bitter empfunden, aber vielleicht hat *Ostwald* nicht Unrecht: es war ein großes Glück, daß es ihm so gegangen ist, denn hier waren noch falsche und unrichtige Begriffe aus dem Bestand der damaligen Physik übernommen worden, die die vollständige Ablehnung dieser Gedankengänge von den ersten Männern des Faches unbedingt zur Folge gehabt haben würden.

Es folgt sodann im nächsten Jahre 1842 eine Arbeit „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur". *Mayer* war damals von seiner Entdeckung so innerlich ergriffen, daß er sich am liebsten ausschließlich dieser Aufgabe gewidmet hätte, aber er hatte für eine Familie zu sorgen, und so mußte er sich mit der freien Zeit, die ihm sein Beruf ließ, zunächst begnügen. Ungemein bescheiden waren die Einrichtungen, die ihm zur Verfügung standen, um versuchsmäßig an das Problem heranzukommen.

In den Holländern der Heilbronner Papiermühle maß er die Temperatursteigerungen des Papierbreies, und in der Apotheke seines Bruders stellte er einfache Versuche an, um festzustellen, ob pulverisierte Körper weniger Wärme zum Schmelzen brauchen als unzerteilte. Sehr schmerzlich empfindet er den Mangel des Gedankenaustausches mit Männern, die auf dem Gebiete, wo er noch Neuling ist, mehr wissen als er. Die Ärzte und Lehrer in Heilbronn können ihm wenig helfen. Er fährt nach Tübingen zu dem als recht rauh bekannten Professor der Physik *Nörrenberg*. Der verweist ihn auf Versuche.

Der Professor der Physik *Jolly* in Heidelberg zeigt mehr Interesse. Von seinem Besuch in Heidelberg erzählt uns *Mach* eine kleine Geschichte, die kennzeichnend ist, wie *Mayer* bei der Zähigkeit seiner Arbeit und der ungemein starken Empfindung — es handelte sich hier um sein Schicksal — konzentriert arbeitet.

Mayer erzählt *Jolly* von seinen Anschauungen. *Jolly* sagt darauf, wenn das richtig ist, dann müßte man ja Wasser durch Schütteln erwärmen können. Darauf habe *Mayer,* ohne ein Wort zu sagen, ihn stumm verlassen. Man habe ihn dann viele Tage lang in seinem Arbeitszimmer auf und ab gehen sehen, dabei habe er, mit dicken Filzhandschuhen bewaffnet, unablässig Wasser in einer Flasche geschüttelt. Nachdem er dann festgestellt hatte, daß sich tatsächlich eine Erwärmung um 1° erreichen ließ, sei er nach Heidelberg zu *Jolly* zurückgekommen und habe ohne Einleitung zu ihm gesagt: „Es ischt au so!". Auch sein Freund *Rümelin* erzählt aus dieser Zeit, daß es ungemein schwierig gewesen sei, mit *Mayer* über irgend etwas anderes zu sprechen. Was er sah und beobachtete, auch beim Spazierengehen, gab ihm immer Veranlassung, auf sein Problem zurückzukommen.

Endlich war der Aufsatz von 7 Druckseiten fertig. Er schickt ihn an den großen Chemiker *Liebig,* der ihn in seinen „Annalen der Chemie" als erste Arbeit *Mayers* übernahm. Hier vermeidet er die Irrtümer seiner ersten nicht veröffentlichten Arbeit. Er dringt immer tiefer in die ihm noch ungewöhnte Begriffsbildung ein, und vor allem hilft ihm sein Freund *Baur,* der inzwischen als Lehrer der Mathematik nach Heilbronn gekommen war, ihn auszurüsten mit dem mathematischen Werkzeug, das er unbedingt braucht, um von der Hypothese zu zahlenmäßiger Bestimmtheit vorzurücken. Den Meinungen seiner Gegner, die ihm vorwarfen, er sei Metaphysiker und Mystiker, der nur durch allgemeine Begriffe die Wissenschaft reformieren wolle, konnte *Mayer* am besten begegnen durch seine ungemeine Wertschätzung der Zahl, die er als Wärmeäquivalent selber gefunden hatte. Er schätzte den Versuch, und er hatte ja auch Apparate geschaffen, in denen die Reibungswärme gemessen, ihn zu der von ihm so hoch geschätzten Zahl führte. „Zahlen sind darum", sagt er an einer Stelle, „die gesuchten Fundamente einer exakten Naturforschung: Zahlen waren es, die man suchte, und Zahlen, die man fand". Und in einem Brief an *Griesinger* vom 20. Juli 1844 finden wir die Worte: „Wahrlich, ich sage Euch, eine einzige Zahl hat mehr wahren und bleibenden Wert, als eine kostbare Bibliothek von Hypothesen". Müssen wir nicht bei dieser Stelle an ein Wort des Oberbürgermeisters von Magdeburg und Naturforschers *Otto von Guericke* denken, der da sagte: „Bei naturwissenschaftlichen Fragen hat es gar keinen Wert, schön reden und gut disputieren zu können. Wo

man Tatsachen reden lassen kann, braucht man keine gekünstelten Hypothesen".

Er weist seinen Freund *Braun,* der ihn ermahnt hatte, erst einmal die klassische Mathematik zu lernen, auf die Widersprüche und Unklarheiten hin, mit denen gerade der Kraftbegriff in den Lehrbüchern verbunden ist. Darum handelt es sich gerade, eine für die verschiedenen Branchen gleich gut durchzuführende Begriffsbestimmung von (Kraft)Energie aufzustellen, und an *Griesinger* schreibt er im Dezember 1842: „Meine Behauptung ist ja gerade: Fallkraft, Bewegung, Wärme, Licht, Elektrizität und chemische Differenz der Imponderabilien sind ein und dasselbe Objekt in verschiedenen Erscheinungsformen".

Es folgt nun wieder eine große Schrift, 112 Seiten stark, die aber *Liebig* nicht mehr drucken kann, weil sie zu weit ab von dem Gebiet seiner Zeitschrift liegt. Er empfiehlt *Poggendorff,* aber nach den Erfahrungen mit den „Annalen der Physik" zieht es *Mayer* vor, bei einem Heilbronner Verleger auf eigene Kosten diese Schrift herauszugeben. Der Titel dieser zweiten Schrift heißt „Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel. Ein Beitrag zur Naturkunde". Aus diesem Titel kann man nicht ersehen, wie vielseitig der Inhalt ist. Findet man doch hier schon die erste systematische Tabelle der bekannten Energie-Formen, weist doch *Mayer* hier darauf hin, daß aus der Sonnenstrahlung alle von der Erde verbrauchte Energie stammt, die von den Pflanzen in der Gestalt chemischer Energie gespeichert wird. Hier hat auch *Mayer* zum erstenmal berechnet, in welchem Verhältnis die geleisteten mechanischen Arbeiten von Menschen und Tieren zur gesamten aus der Verbrennungswärme der Nahrungsmittel zur berechnenden Energienutzung stehen.

Immer klarer beginnt nun auch *Robert Mayer* zu erkennen, wie notwendig die Mathematik für die Naturwissenschaft ist. Er ist von der Mathematik dank der Unterweisung seines Freundes *Baur* bald so begeistert, daß er in seiner Arbeit schreibt: „Die angewandte Mathematik hat im Verlauf der letzten Jahrhunderte eine so hohe Stufe der Ausbildung erreicht, ihre Schlüsse haben einen solchen Grad von Sicherheit erlangt, daß sie unter den Wissenschaften den ersten Rang einzunehmen berechtigt ist. Sie ist der Anfang und das Ende für den Sternkundigen, den Techniker, den Seemann, sie ist die feste Achse aller Naturforschung jetziger Zeit". Und weiter heißt es hier: „Als oberster Grundsatz der Naturwissenschaft wird verkündet: Es gibt in Wahrheit nur eine einzige Kraft; bei allen Vorgängen in der Natur gibt es nur Umwandlungen dieser Kraft, kein Verschwinden und kein Neuschaffen." ..... „Die zahllosen Naturerscheinungen unter sich zu verknüpfen und aus ihnen einen obersten Grundsatz abzuleiten, um unter der Führung dieses Kompasses dann wieder auf das Meer der Einzelheiten fortzusteuern."

Die Arbeit geht weiter. Mit bedächtiger Schnelle, sagt er selbst, braucht er drei Jahre, bis er das Problem nach allen Seiten erörtern kann. Ausschlaggebend wichtig ist, daß er unter Benutzung der vorhandenen Zahlen jetzt auch zahlenmäßig das Wärmeäquivalent zunächst mit 367 kg/m bestimmt. Auf Grund neuerer Versuche von *Renauld* verbessert er es dann auf 424, während wir heute die Einheit der Wärmemenge als die große Kilogrammkalorie bezeichnen = 426,9 kg/m bestimmt haben. So nahe kommt *Robert Mayer* schon der heutigen Zahl.

1848 entsteht die dritte Hauptschrift *Robert Mayers* „Beiträge zur Dynamik des Himmels". Hier behandelt er das Problem nach der Abstammung der Sonnenwärme. Auch für die Sonnenstrahlung will er eine Quelle finden, und er glaubt sie gefunden zu haben in der Bewegungsenergie der in die Sonne stürzenden kosmischen Massen. Hier behandelt er auch den Einfluß von Ebbe und Flut auf die Umlaufsgeschwindigkeit der Erde. Auch diese Schrift erscheint in Heilbronn. Es ist hier nicht am Ort, auf diese kühnen Untersuchungen, die die Größe seiner Gedanken so sinnfällig vor Augen führt, näher einzugehen.

Aber im „tollen Jahr" 1848 erschienen den Menschen die Erde und ihr eigenes Ländchen und ihre eigentlichen menschlichen Begriffe von Freiheit, Glück und Wohlbefinden viel wichtiger als die Dynamik des Himmels.

Niemand las seine Arbeit, niemand interessierte sich dafür. Daß das einen schöpferisch tätigen Mann wie *Robert Mayer,* der mit religiöser Innigkeit an seine Entdeckung glaubte, schwer bedrückte, ist einleuchtend.

Die politischen Wogen stiegen 1848 in Süddeutschland besonders hoch an. Die Pariser Februar-Revolution brachte das ganze Land in Erregung, man erzählte sich, in Paris sei eine deutsche Legion errichtet, die werde nach Süddeutschland ziehen und die Republik erklären. Überall tauchten die wildesten Gerüchte auf. Man vergrub seine Schätze und brachte Frauen und Kinder in Sicherheit. Der Bruder *Robert Mayers* gehörte mit zu den führenden Revolutionären. Er war an der Spitze von Heilbronner Männern nach Baden gezogen, um dort den Republikanern Hilfe zu bringen. Die Frau dieses Revolutionärs bat *Robert Mayer,* doch alles zu versuchen, um mit ihr zusammen den Bruder zu retten. *Robert Mayer* wurde erkannt, man hielt ihn für einen Spion, und es war nahe daran, daß er erschossen werden sollte. Ein Patient rettete ihn. Aber natürlich regte ihn auch das sehr auf. *Robert Mayer* hat sich ganz bewußt von der Politik persönlich ferngehalten, auch politisch wollte er sich nicht mit anderen unterhalten. Er glaubte nicht, daß er es selbst politisch wesentlich besser machen

könne, als es bisher gewesen sei. Außerdem kam auch ein starkes Verstehen des historisch Gewordenen bei ihm zum Ausdruck. Als dann das Jahr 1866 die Entscheidung bringen sollte zwischen dem von Habsburgern geplanten großen Deutschland und dem Bismarckschen Zweiten Deutschen Reich, da hat wohl *Robert Mayer,* wie so viele der Süddeutschen, im inneren Herzen auf der großdeutschen Seite, so wie man sie damals auffaßte, gestanden. Aber als dann der entscheidende Krieg mit Frankreich 1870 ausbrach, war er ebenso wie die Seinen natürlich auf der nationalen Seite.

Mit seiner Arbeit über Dynamik des Himmels endigte, wie *Ostwald* besonders hervorhebt, die erste glücklichste Zeit in *Mayers* Leben. Es beginnen nun schwere Jahre des Leidens.

Es ging *Robert Mayer* wie vielen der großen Pioniere: sie haben das Glück, mit ihren Entdeckungen zu einer Zeit zu kommen, die „erfüllt" war. Nicht nur in der Politik, auch in Technik und Wissenschaft muß man zu großen Taten auch den richtigen psychologischen Moment erfassen. Hier in der Wissenschaft und Technik liegen, wenn die Zeit gekommen ist, die Verhältnisse so, daß nicht nur in einem Kopf die Idee auftaucht, die Natur hat, wie *James Watt* einmal feststellt, scheinbar eine Abneigung gegen das Monopol, und so sehen wir auch bei großen Erfindungen ähnliche oder gleiche Ideen in den verschiedensten Köpfen auftauchen. Das führt dann zu diesen so viel Zeit und Nervenkraft kostenden Prioritätskämpfen, die auch *Mayer* nicht erspart blieben und die ihn ganz besonders, seiner Eigenart entsprechend, schwer bedrückten. Er hat sich in ruhiger und sehr sachlicher Form dazu geäußert, und er hat begeisterte Verteidiger seiner Ansprüche besonders im Auslande gefunden. Man könnte an das Wort denken: „Der Prophet gilt nichts in seinem Vaterland". Hier war es in erster Linie der berühmte englische Professor der Physik *Tyndall* der Royal Institution in London, der mit besonderer Wärme für ihn eintrat. In einem Brief vom Jahre 1866 an *Robert Mayer* schreibt *Tyndall,* daß er immer erneut darüber staunen müsse, wenn er auf *Mayers* Schriften zurückgreife, „daß Sie, in einer kleinen Provinzstadt, beschäftigt mit den Pflichten Ihres Berufes, so weit vor allen anderen Menschen vorausgesehen haben, das wird für mich immer erstaunlich bleiben. Ich kenne keinen gleichen Fall in der Geschichte der Wissenschaft". Zu *Tyndall* gesellten sich *Verdet* in Paris und *St. Robert* in Turin.

Doch wir sind der Zeit vorausgeeilt. In seiner Familie starben ihm zwei Kinder kurz hintereinander, und 1849 erschien in der Augsburger Allgemeinen Zeitung ein von einem jungen Privatdozenten in Tübingen verfaßter Artikel, der alles Maß, woran *Mayer* in der Nichtachtung seiner Arbeit gewöhnt war, bei weitem übertraf. Eine sachliche Berichtigung wurde von der Schriftleitung abgelehnt. *Ostwald*

nennt diesen Angriff auf *Mayer* eine Arbeit, die gekennzeichnet sei durch grenzenlose Unwissenheit. *Mayer* sieht sich veranlaßt, mit der letzten Kraft, deren er fähig ist, in einem besonderen Druckheft mit dem Titel „Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme", das wieder in Heilbronn erschien, sich dagegen zu wehren.

Die ungeheuere Arbeitsleistung, die in der Entdeckung, Formulierung und zahlenmäßigen Festlegung der Aufgaben liegt, die das Schicksal *Mayer* gestellt hatte, wurde, verbunden mit den wissenschaftlichen Angriffen gegen ihn und den Prioritätskämpfen, die Ursache zu einem physischen und geistigen Zusammenbruch. Er spricht selbst von einer schweren Gehirnentzündung, die ihn 1850 gepackt hatte. Es war im Mai dieses Jahres, als *Mayer* in einem Anfall von Delirium nach schlafloser Nacht 9 m tief aus dem Fenster seiner im zweiten Stock befindlichen Wohnung auf die Straße sprang. Er kam dem Tode nahe und behielt zeitlebens einen schleppenden Gang. Er war monatelang krank, suchte sich dann in Wildbad zu erholen, nahm auch seine Praxis wieder auf und schrieb die Arbeit, von der wir eben sprachen. Die Erschöpfung war aber so stark, daß er eine Nervenheilanstalt aufsuchen mußte und daß man ihn dann in Anstalten für Geisteskranke unterbrachte, in denen er die damals rohesten Formen der Zwangsmaßnahmen zu erleiden hatte, die er nie vergessen konnte. Immer wieder kam er hierauf zurück. Er als Arzt erkannte das Sinnwidrige dieser Behandlungsart deutlich und schrieb es nur seiner zähen Konstitution zu, daß er lebend diese Maßnahmen überstanden hatte.

Aber auch hierüber hat es keinen Zweck, sich jetzt ausführlich zu verbreiten. *Mayer,* der freiwillig, wenn er einen solchen Anfall nahen fühlte, später auch mehrfach Kaltwasserheilanstalten aufgesucht hatte, war sich seines Krankseins durchaus bewußt. Er hat es selbst aber niemals als ein Irresein bezeichnet, sondern als starke Erregungszustände, die er auf eine überstandene Gehirnentzündung zurückführte. Jedenfalls waren das Jahre des allerschwersten Leidens. Zurückgekehrt, hat er seine ärztliche Praxis im alten Umfang nicht wieder aufgenommen, sondern sich darauf beschränkt, im Bekannten- und Freundeskreise seine Kunst auszuüben. Sein vom Vater ererbtes Vermögen schützte ihn vor unmittelbarer Not. Aber über ein Jahrzehnt blieb *Robert Mayer* für die große Öffentlichkeit verschollen. In weitverbreiteten Zeitschriften und Nachschlagewerken stand zu lesen, daß er in der Irrenanstalt gestorben sei. Wenn auch dieses Totsagen berichtigt wurde, die Berichtigung kam an unauffälliger Stelle, und im Textteil hatte man ja nicht darauf verweisen können.

1862 erst erschien wieder eine Abhandlung *Mayers* über „Das Fieber". Sie wurde im „Archiv der Heilkunde" gedruckt. In erwei-

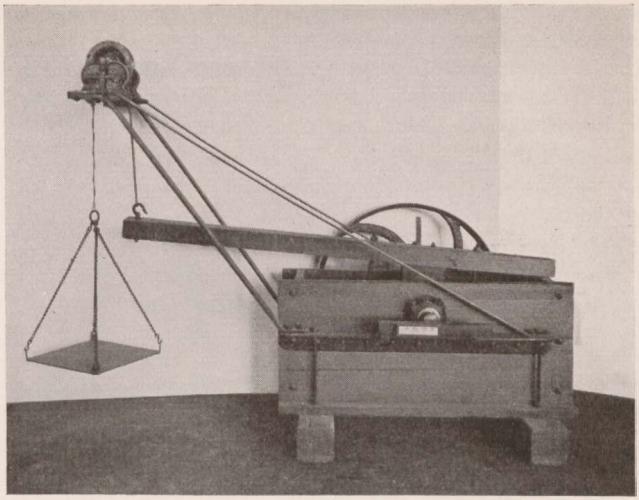


Bild 2. Kalorischer Kraftmesser von J. R. Mayer, 1868
Länge des Bremsbalkens 220 cm

terter Form ging sie auf die Ausführung ein, die schon in der Hauptschrift entwickelt worden war.

Jetzt setzt, wie wir bereits gesehen haben, auch die Anerkennung *Mayers* ein, besonders im Auslande. 1872 erschien dann *E. Dührings* kritische Geschichte „Das allgemeine Prinzip der Mechanik", in der er mit besonders gewollter Schärfe für *Mayer* gegen alle die, die nach seiner Ansicht ihn bekämpft hatten, eintrat. *Dühring* nannte *Mayer* „den Galilei des 19. Jahrhunderts".

Wenn in der damaligen Zeit oft die Frage behandelt wurde, wer nun größer sei, *Helmholtz* oder *Mayer,* ist man immer wieder versucht, des Wortes *Goethes* sich zu erinnern, der auch Kenntnis zu nehmen hatte von dem Streit der Zeitgenossen, ob *Schiller* oder *Goethe* größer sei. *Goethes* Antwort lautete: die Deutschen sollten froh sein, daß sie zwei solcher Männer hätten, und so wollen wir, auch auf die Zeit der Kämpfe rückschauend, nicht vergessen, daß *Helmholtz,* der auf der Naturforschertagung in Innsbruck auch *Mayer* kennenlernte, die Zurücksetzung durchaus wieder gut gemacht hat, die er ihm zuerst vielleicht hat zuteil werden lassen, und so können wir auch die große Stellung, die der englische Forscher *Joule* auf diesem Gebiet einnimmt, durchaus anerkennen, ohne die Originalität der *Mayer*schen Entdeckung irgendwie zu schädigen. Alle diese Streitigkeiten, von denen, die sie einst betroffen haben, schwer empfunden, verlieren ihre Be-

deutung im Laufe der Jahrzehnte, und es bleibt die wissenschaftliche Anerkennung der großen Leistungen.

Zu dem Streit *Liebigs* mit *Mitscherlich* schreibt *Wöhler:* „Versetze Dich doch als unparteiischer Beurteiler in das Jahr 1890 und denke Dir, daß *M.* zu all den Angriffen still geschwiegen und durch glückliche Entdeckungen seinen Namen noch mehr befestigt habe: was würdest Du von *M.*, was von Dir sagen, wenn Du, also 1890, die Journale von 1834 und alle diese Streitigkeiten lesen würdest? — Was kommt dabei heraus? — Nichts, gar nichts, als daß Du *M.* etwas ärgerst, daß Du das Publikum amüsierst und daß Du selbst Dir das Leben vergällst und Deine Gesundheit ruinierst."

Natürlich hat sich *Liebig* durch diese vernünftigen Ermahnungen nicht beeinflussen lassen, fügt *Ostwald* hinzu.

Auch die Anerkennung seiner Arbeiten im großen von seinen Fachgenossen konnte *Mayer* noch erleben. Tübingen machte ihn zu seinem Ehrendoktor, gelehrte Gesellschaften und Akademien in Basel, München, Halle, Turin, Frankfurt a/Main, Wien und Stuttgart ernannten ihn zu Mitgliedern, und Paris und London gaben ihm goldene Medaillen. Der König von Württemberg verlieh ihm den mit dem persönlichen Adel verbundenen Kronenorden. Alle diese Formen der Anerkennung, die sich die Menschen in ihren Organisationen geschaffen haben, erlebte noch der Schöpfer des Energieprinzips. Er ließ sich auch wieder unter Menschen sehen, besuchte die Versammlungen der Naturforscher in Innsbruck und Zürich und empfand den Dank, der ihm von allen Seiten begeistert entgegengebracht wurde.

1876 erschien die letzte Arbeit *Robert Mayers*. Der Staatsanzeiger von Württemberg druckte sie. Die Arbeit behandelte „Das Problem der Auflösung". *Mayer* wollte dieses Problem später ausführlich bearbeiten. Dazu kam er nicht mehr.

In der Schrift findet man folgende Ausführungen: Die während des Lebens beständig vor sich gehenden Bewegungserscheinungen beruhen alle auf Auslösung. Der Wille wird freilich auf eine völlig rätselhafte und unbegreifliche Weise, durch die Bewegungsnerven zu den entsprechenden Muskeln geleitet ..... Es besteht nun die Einrichtung, daß der jeweilige Zustand des Auslösungsapparates für das Allgemeingefühl oder für das allgemeine Empfinden maßgebend ist. Im allgemeinen gilt, daß richtige physiologische Auslösungen angenehm empfunden werden, worauf eine Menge von Vergnügungen, z. B. Spazierengehen, Singen, Tanzen, Schwimmen und dergl. beruhen.

Er weist weiter darauf hin, wie der Mensch sich freue, mit verhältnismäßig geringer Kraft große Wirkungen hervorbringen zu können, wie durch den Zorn die Auslösungstendenz, vor allem der Zunge gesteigert wird usw.

1877 macht ihn, den Arzt, eine kleine Geschwulst am rechten Arm darauf aufmerksam, daß er an einer schweren Lungenerkrankung, an der auch seine Mutter gestorben war, bald dahingehen müßte. Am 20. März 1878, gegen 4 Uhr nachmittags, hat *Robert Mayer* ein sanfter Tod von uns genommen. Das Fieber hatte seine Kräfte aufgezehrt. Ruhig und still, sich in den letzten Tagen noch freundlich mit jedem Besucher unterhaltend, ist er aus dieser Welt geschieden.

Was *Robert Mayer* mit seiner Arbeit der Welt geworden ist, dafür legen bis zum heutigen Tage Vertreter aller gelehrten Berufe immer wieder von neuem Zeugnis ab. Ein hervorragender Physiker unserer Tage stellt fest, daß, wenn man die Physiker heut fragen würde, welches Gesetz der Physik das wichtigste und umfassendste sei, so würden 99 % die Antwort geben, „der Begriff der Energie und das Gesetz von der Erhaltung der Energie".

Wir Ingenieure aber sind *Robert Mayer* besonders dankbar, daß er uns von den Wunschträumen nach dem Perpetuum mobile endgültig befreit hat. Bis zur Mitte des 13. Jahrhunderts können wie diese Ideen zurückverfolgen, und immer wieder fanden sich Menschen aller Berufe bereit, ihr ganzes Sein, Geld und Gut an die Lösung dieser Aufgabe zu setzen, eine Maschine zu finden, die fortgesetzt Arbeit leistet, ohne daß man für diese Arbeit irgend etwas aufzuwenden hatte. Aus dem Nichts heraus Arbeit zu schaffen, das war viele Jahrhunderte lang der Stein der Weisen, das war die Quadratur des Zirkels, und wenn auch schon 1775 die weltberühmte Akademie der Wissenschaften in Paris öffentlich verkündet hat, daß diese Aufgabe unlösbar sei und daß sie deshalb nicht mehr Vorschläge dieser Art prüfen würde, so hat das wohl schon die Beschäftigung mit diesem Problem etwas gemildert. Aber bis zu unserer Zeit sind ja noch nicht die letzten Gläubigen ausgestorben, die glauben, aus dem Nichts Energie schaffen zu können. Aber sie sind so selten geworden, daß dank der Erkenntnisse, die wir *Robert Mayer* verdanken, wir die wenigen gelernt haben zu ertragen.

Hier am Schluß unserer Ausführungen möchten wir versuchen, uns ein Bild zu machen von der äußeren Erscheinung, in der er die Straßen Heilbronns durchschritt und mit seinen Freunden verkehrte. *Rohlfs*, der *Mayer* in Heilbronn kannte, berichtet uns: er war von mittlerer Statur, er frappierte durch sein geistreiches Auge. Dasselbe verriet sogleich den tief forschenden, dem Wesen der Dinge nachspürenden Denker; ein ganz eigentümlicher Blick strahlte einem aus den dunklen braunen Augen entgegen, etwas scharf beobachtendes, tief Eindringendes, Durchbohrendes und doch Träumerisches, nach innen Gekehrtes, die Außenwelt Vergessendes und zugleich bei allem Ernste Schalkhaftes. Dann gaben die dichtbehaarten Brauen dem wunderbaren

Zauber, welcher dem Auge entquoll, etwas Melancholisches, Ernstes, geisterhaft Verklärtes. Das Auge gab seinem Gesicht, ja seinem Kopf etwas ungemein Einnehmendes, Originelles, jeden Menschenkenner Hinreißendes.

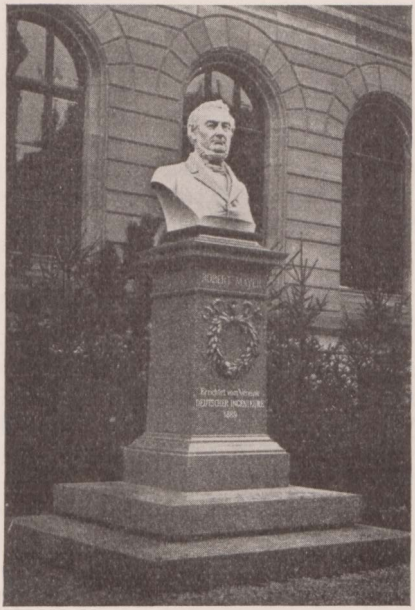


Bild 3. Das vom Verein deutscher Ingenieure 1889 in Stuttgart errichtete Denkmal für J. R. Mayer

Professor *J. Weyrauch* in Stuttgart, dem wir viele unserer heutigen eingehenden Kenntnisse über *Robert Mayer* verdanken, war gebeten worden, bei der geplanten Jahrhundertfeier seines Geburtstages den Festvortrag zu halten. Wir sahen, daß der Weltkrieg die Ausführung dieser Feier verhinderte, aber dieser Vortrag ist veröffentlicht worden und mit *Weyrauchs* Schlußworten dieses Vortrages wollen wir auch hier dankbewegten Herzens schließen:

„So zeigt sich also, daß wir von *Robert Mayer* nach verschiedenen Richtungen lernen können. Wenn ihn *Tyndall,* der weitblickende englische Forscher, den größten Genius des 19 ten Jahrhunderts nannte, wenn die heutige Naturwissenschaft und Technik auf seinen Schul-

tern stehen, er ist nicht nur ein Bahnbrecher der Erkenntnis, ein Märtyrer der Wissenschaft, sondern auch ein Förderer des Gemeinwohls, ein charaktervoller und guter Mensch gewesen. Sein Name wird neben *Galilei, Keppler, Newton* immer heller durch die Jahrhunderte strahlen, ein Leitstern kommender Geschlechter, zum Ruhme seiner Nation und seines geliebten schwäbischen Heimatlandes."

Aus dem Schrifttum

Enthüllungsfeier des vom Verein deutscher Ingenieure errichteten Denkmals für Robert Mayer in Stuttgart. Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. 34 (1890) S. 87/95.

Ostwald, W.: „Große Männer", Leipzig 1909.

Weyrauch, Jacob J.: „Technisches bei Robert Mayer". Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Bd. 58 (1914) S. 1/6.

Matschoß, C.: „Robert Mayer". Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. Bd. 58 (1914) S. 1602/03.

Weyrauch, Jacob J.: „Robert Mayer, zur Jahrhundertfeier seiner Geburt". Stuttgart: Konrad Wittwer 1915.

Hell, Bernhard: „J. Robert Mayer und das Gesetz von der Erhaltung der Energie". Stuttgart: Fr. Fromanns Verlag 1925.

Schimank, Hans: Geschichte des Energieprinzips in: C. Matschoß: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie, Bd. 20 (1930) S. 31/46. (Mit ausführlichem Schrifttum.)

Konen, Heinrich: Physikalische Plaudereien. Bonn: Verlag der Buchgemeinde. 1937.

Die wissenschaftlichen Leistungen Robert Mayers

Von *W. Meißner,* München

Die wissenschaftlichen Leistungen *Robert Mayers* kann man, wie schon aus dem vorstehenden Aufsatz von *C. Matschoß* hervorgeht, etwa folgendermaßen zusammenfassen: Er erkannte, daß bei der Gewinnung von Arbeit aus Wärme eine der Arbeit proportionale Wärmemenge verschwindet und berechnete den Proportionalitätsfaktor, d. h. den Arbeitswert der Kalorie, dessen reziproker Wert das sogenannte mechanische Wärmeäquivalent ist. Er erkannte die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes von der Erhaltung der Energie und wandte es auf viele anorganische und organische Vorgänge, z. B. auf die Energieumsetzung im menschlichen Körper und auf die Sonnenenergie, an.

Um aber die Bedeutung dieser Leistungen *Robert Mayers* beurteilen zu können, muß man den Stand der einschlägigen Wissenschaft vor dem Erscheinen seiner ersten Arbeit sowie die Entwicklung der Wissenschaft bei seinen Lebzeiten und in den Jahren nach seinem Tode heranziehen. Wir wollen dies im folgenden tun, indem wir an die Arbeiten derjenigen Forscher anknüpfen, deren nachhaltige Wirkung wir noch heute verspüren. Vorher aber sei noch folgendes bemerkt: *Mayer* und seine Zeitgenossen, auch *Helmholtz,* benutzten das Wort „Kraft" in doppelter Bedeutung, einerseits in der uns jetzt gebräuchlichen, anderseits als Ausdruck für mechanische Energie. Schon *Mayer* wies auf die daraus entstehenden Schwierigkeiten hin und schlug vor, das Wort „Kraft" auf die Fälle, wo wir jetzt Arbeit oder Energie sagen, zu beschränken, drang aber hiermit nicht durch. Wir benutzen im folgenden die jetzt gebräuchliche Ausdrucksweise.

1824, d. h. acht Jahre vor der ersten Veröffentlichung *Mayers*, erschien in Paris eine Arbeit *Sadi Carnots* „Über die bewegende Kraft des Feuers" [1][1]). *Carnot* wies in ihr nach, daß man Arbeit aus Wärme nur gewinnen kann, wenn Wärme von einem heißeren auf einen kälteren Körper übergeht; man kann nicht dauernd Arbeit dadurch erzeugen, daß man der Umgebung Wärme entzieht, ohne daß eine Temperaturdifferenz gegen sie vorhanden ist, oder, wie wir heute es ausdrücken, ein „perpetuum mobile zweiter Art" ist unmöglich. Diese Feststellung *Carnots* bildet die Wurzel für das, was wir heute den zweiten Hauptsatz der Thermodynamik nennen und für die Definition der Entropie. Aus der Arbeit *Carnots* geht aber mit voller Klarheit her-

1) Die in Klammern gesetzten Zahlen beziehen sich auf das Schrifttumsverzeichnis am Ende des Aufsatzes.

vor, daß er bei seiner Veröffentlichung das, was wir heute als ersten Hauptsatz der Thermodynamik bezeichnen, d. h. die von *Mayer* zuerst ausgesprochene Gültigkeit des Gesetzes von der Erhaltung der Energie für die Wärmelehre, nicht erkannt hat: Im Gegenteil sagt er an verschiedenen Stellen seiner Arbeit ausdrücklich, daß bei dem Übergange der Wärme von einem wärmeren auf einen kälteren Körper und gleichzeitiger Arbeitsleistung kein Verbrauch an Wärme eintrete. Dies hängt damit zusammen, daß *Carnot* die Wärme damals noch als einen Stoff auffaßte, der nicht verschwinden kann. Wenn *Carnot* Recht gehabt hätte, wäre die Gewinnung von Arbeit aus nichts, oder wie wir sagen ein „perpetuum mobile erster Art" möglich. Nach Notizen *Sadi Carnots* zwischen 1824 und seinem schon 1832 erfolgten Tode, die jedoch erst 1878 von seinem Bruder *N. H. Carnot* veröffentlicht wurden (vgl. [1]), hat allerdings *Carnot* schon wenig später, jedenfalls vor *Mayer,* erkannt, daß die damals übliche Meinung von der Konstanz des Wärmestoffes unrichtig war, daß die Wärme eine Energie der Bewegung der kleinsten Teilchen ist, und daß diese Bewegungsenergie bei der Arbeitserzeugung durch Wärme sich zum Teil in Arbeit umsetzt. Er gibt in seinen Notizen schon eine Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents, die nahezu der zuerst von *Mayer* veröffentlichten entspricht.

E. Clapeyron führte die *Carnot*schen Betrachtungen in einer französischen Veröffentlichung aus dem Jahre 1834 [2], die 1843 auch in *Poggendorffs* Annalen erschien, weiter durch, indem er insbesondere von der Mathematik Gebrauch machte. Bei dem „Carnot'schen Kreisprozeß" erfolgt die Arbeitsleistung durch abwechselnde Ausdehnung und Kompression des Arbeitsstoffes in teils isothermer, teils adiabatischer Weise derart, daß der Arbeitsstoff sich am Ende eines Kreisprozesses wieder im anfänglichen Zustand befindet, während Wärme von einem heißeren zu einem kälteren Körper übergegangen ist. Diesen Kreisprozeß stellte *Clapeyron* graphisch dar und verhalf ihm dadurch zu seiner noch jetzt großen Beliebtheit. Aber *Clapeyron* hielt noch an der Unzerstörbarkeit des Wärmestoffes fest, war also noch weit entfernt von der Erfassung des Prinzips von der Erhaltung der Energie in seiner Anwendung auf die Wärmelehre.

Wenn *Robert Mayer* in seiner 1842 erschienenen ersten Abhandlung durch den Nachweis, daß Wärmeenergie in mechanische Arbeit und umgekehrt letztere in Wärme übergehen kann, den ersten Hauptsatz der Wärmetheorie begründete und sogar die Größe des mechanischen Wärmeäquivalents berechnete, so war dies also eine Leistung, durch die schwerwiegende Irrtümer seiner wissenschaftlich bedeutendsten unmittelbaren Vorgänger und Zeitgenossen richtig gestellt wurden. Damit verschwanden auch endgültig die Schwierigkeiten, die den Zeitgenossen *Mayers* die Erklärung der Reibungswärme bereitete. Aus

ihrem Entstehen hatte allerdings schon *Rumford* 1798 geschlossen, daß Wärme kein Stoff, sondern Bewegung der kleinsten Teilchen ist. Aber trotz seiner Erkenntnisse, die wohl fast so weit reichten wie die *Mayers* und *Joules*, bemühte man sich immer noch, alles durch die Annahme zu erklären, daß Wärme ein Stoff sei.

Auch in der ersten Veröffentlichung *Mayers* war manches etwas schief und anfechtbar, wie z. B. *Helmholtz* betonte. Aber gerade die Berechnung des mechanischen Wärmeäquivalents, deren Gang *Mayer* in der ersten Arbeit allerdings nur andeutet, ist entgegen manchen Meinungsäußerungen seiner Zeitgenossen, z. B. auch entgegen der ursprünglichen Meinung von *Helmholtz*, durchaus einwandfrei, wenn man die — *Mayer* offenbar bekannte — vor seiner Arbeit veröffentlichte Feststellung von *Gay-Lussac* berücksichtigt, daß Gase bei der Ausdehnung ohne äußere Arbeitsleistung ihre Temperatur innerhalb der damals erreichten Genauigkeitsgrenze nicht ändern. Aus dem letzten Satz von *Mayers* erster Veröffentlichung geht auch hervor, daß er wohl schon damals die allgemeine Gültigkeit des Gesetzes von der Erhaltung der Energie erkannte. Er sagt: „Vergleicht man mit diesem Resultat die Leistungen unserer besten Dampfmaschinen, so sieht man, wie nur ein geringer Teil der unter dem Kessel angebrachten Wärme in Bewegung oder Lasterhebung wirklich zersetzt wird, und dies könnte zur Rechtfertigung dienen für die Versuche, Bewegung auf anderem Wege als durch Aufopferung der chemischen Differenz von C und O (nämlich bei der Verbrennung der Kohle), namentlich also der Verwandlung von chemischer Elektrizität in Bewegung auf ersprießliche Weise darstellen zu wollen." *Mayer* war also offenbar der Meinung, daß man nicht nur Wärme in Bewegungsenergie oder Arbeitsleistung umwandeln könne, sondern auch elektrische Energie. In voller Allgemeinheit hat *Robert Mayer* das Prinzip von der Erhaltung der Energie dann in seiner zweiten, 1845 erschienenen Veröffentlichung [4 II] ausgesprochen. Auf welche Probleme *Mayer* dann das Energieprinzip noch weiter angewandt hat, geht aus den unter [4] aufgeführten Überschriften seiner späteren Veröffentlichungen hervor. Sie beziehen sich, wie man sieht, teilweise auf physikalische Fragen, teilweise auf Fragen des organischen Lebens, wobei oft chemische Fragen mitspielen. *Mayers* Überlegungen waren nicht immer frei von Irrtümern, aber im großen Ganzen konsequent und überzeugend. Seine Berechnungen darüber, wie die Konstanz der Sonnentemperatur durch Vernichtung der kinetischen Energie auf sie stürzender Meteorite zu erklären sei, fanden allgemeine Beachtung, insbesondere durch *William Thomson*, der sich der Meteoritentheorie *Mayers* anschloß, die allerdings inzwischen durch andere Theorien ersetzt ist.

Bei der Beurteilung der Leistung *Robert Mayers* muß man noch berücksichtigen, daß er zum mindesten seine erste Veröffentlichung, zu

der ihm die grundlegenden Gedanken, wie auch in dem Aufsatz von *Matschoß* dargelegt ist, auf einer Seereise als Schiffsarzt kamen, ohne umfassendere physikalische Kenntnisse abgefaßt hat. Aus an sich unbedeutenden Feststellungen (Erhöhung der Temperatur des Seewassers bei Sturm durch Reibung; hellere Farbe des venösen Blutes der in die Tropen kommenden Europäer wegen geringeren Wärmeaustausches mit der Umgebung) flossen für ihn die erleuchtenden Gedanken. Gerade dies berechtigt uns wohl, seine Leistung als eine wahrhaft geniale zu bezeichnen.

Wenn auch in den Arbeiten *Mayers* das Energieprinzip in seiner Anwendung auf die Wärmelehre klar ausgesprochen und der Wert des Wärmeäquivalents berechnet ist, so fehlte doch, wie z. B. *Helmholtz* betonte [X Anhang], der experimentelle Nachweis, daß die behauptete Proportionalität zwischen Arbeit und verschwundener Wärme nicht nur in dem einen Fall, der zur Berechnung des Wärmeäquivalents benutzt wurde, erfüllt ist, sondern stets. In dieser Beziehung hat *J. P. Joule* große Verdienste. Es ist zunächst zu betonen, daß er zweifellos unabhängig von *Mayer,* was auch von letzterem ausdrücklich zugegeben wird [6, S. 280], die Äquivalenz von Arbeit und Wärme fand. Seine diesbezüglichen Versuche hat er schon vor 1842, also schon vor Erscheinen der ersten *Mayer*schen Arbeit, begonnen und 1843 veröffentlicht [7]. Er hat sie später ausgebaut und verfeinert, so daß sie auch *Helmholtz* als einwandfreier Beweis für die Gültigkeit des ersten Hauptsatzes der Wärmetheorie erschienen. Daß *Joule* und viele seiner Zeitgenossen die Priorität *Mayers* leugneten oder doch nicht ausdrücklich anerkannten, wird wettgemacht dadurch, daß 1862 *Tyndall* vor der Royal Institution die Leistungen *Robert Mayers* ans Licht stellte, ja seine ganz besondere Bewunderung für *Robert Mayer* ausdrückte [6, S. 365]. Weiter muß erwähnt werden, daß außer *Robert Mayer* und *Joule* auch andere fast gleichzeitig das mechanische Wärmeäquivalent berechneten: *G. Holzmann* 1845 [12], *Colding* 1843 [13]. Allerdings war *Holzmann* sich über die Gültigkeit des ersten Hauptsatzes der Wärmetheorie nicht völlig klar, da er in seiner Arbeit doch wieder auf die unhaltbare Vorstellung *Carnots* zurückkommt. *Colding* dagegen scheint sogar schon vor 1843 das Energieprinzip in vollem Umfang erfaßt zu haben.

Auch *H. Helmholtz* hat zweifellos unabhängig von *Robert Mayer,* wenn auch erst 1847, die allgemeine Gültigkeit des Prinzips von der Erhaltung der Energie erkannt. Wir kommen hierauf noch näher zurück.

Zunächst wollen wir noch verfolgen, wie sich die Entdeckung des ersten Hauptsatzes der Wärmetheorie auf die wichtigen *Carnot*schen Überlegungen, insbesondere die Behandlung seines Kreisprozesses auswirkte. Die Vervollständigung der Wärmetheorie in dieser Richtung

erfolgte noch zu Lebzeiten *Robert Mayers* 1850 durch *R. Clausius* [8]. Während noch *William Thomson,* wie *Clausius* in seiner Arbeit betont, unüberwindliche Schwierigkeiten darin sah, die *Carnot*schen Überlegungen durchzuführen, wenn man die Richtigkeit des *Mayer*schen Hauptsatzes anerkennt, zeigt *Clausius,* daß es möglich ist, die Grundsätze beider Forscher aufrecht zu erhalten und für die Wärmelehre zu verwerten: Den *Mayer*schen ersten Hauptsatz der Wärmetheorie, nach dem bei der Erzeugung von Arbeit durch Wärme eine ihr äquivalente Wärmemenge verloren geht, und den *Carnot*schen zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie, nach dem die Erzeugung von Arbeit mit Hilfe von Wärme nur möglich ist, wenn Wärme von einem heißeren auf einen kälteren Körper übergeht. *Clausius* zeigt, daß von der vom heißeren zum kälteren Körper strömenden Wärmemenge ein Teil in Arbeit verwandelt wird, der Rest aber an den kälteren Körper übergeht. Dieser Rest kann niemals null sein und wird im Verhältnis zur geleisteten Arbeit um so kleiner, je größer die Temperaturdifferenz zwischen heißem und kalten Körper und je niedriger die Temperatur des letzteren ist: Nicht nur das perpetuum mobile erster Art, die Erzeugung von Arbeit aus nichts, ist unmöglich, sondern auch das perpetuum mobile zweiter Art, die Erzeugung von Arbeit aus Wärme ohne Vorhandensein einer Temperaturdifferenz. *Clausius* wird so unmittelbar zu dem von ihm später eingeführten Begriff der Entropie geführt, mit deren Hilfe sich der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie am einfachsten beschreiben und anwenden läßt. Man kann demnach sagen, daß noch zu Lebzeiten *Robert Mayers* unter Benutzung seiner grundlegenden Arbeiten durch *Clausius* die Grundlagen der phänomenologischen Wärmetheorie vollständig gegeben worden sind. Zu ihrer Vollendung ist dann später allerdings noch die uns von *Max Planck* geschenkte Quantentheorie notwendig gewesen, deren Ausdruck in der Wärmelehre der von *Nernst* unabhängig von der Quantentheorie gefundene dritte Hauptsatz ist.

Wie schon oben erwähnt wurde, hat seiner Angabe nach auch *H. Helmholtz* [9 bis 11] selbständig die allgemeine Gültigkeit des Prinzips von der Erhaltung der Energie gefunden. In seiner ersten Abhandlung über die Erhaltung der Kraft aus dem Jahre 1847 [9] ist *Mayer,* dessen Arbeiten *Helmholtz* bis dahin entgangen waren, überhaupt nicht erwähnt. *Helmholtz* knüpft aber schon an die Arbeiten von *Clapeyron, Joule* und *Holzmann* an, die ihm kurz vor Drucklegung seiner Arbeit bekannt wurden. In bezug auf die von *Clausius* wenige Jahre später völlig geklärte Frage, wie der *Carnot-Clapeyron*sche Grundsatz mit dem ersten Hauptsatz der Wärmetheorie zu vereinen ist, findet sich bei *Helmholtz* nichts, obwohl er sich eingehend mit *Clapeyron* befaßt. Dagegen wendet *Helmholtz* in seiner Arbeit das Prinzip von der Erhaltung der Energie auch auf mechanische und elektrische Erscheinungen an. In späteren Vorträgen über das Energie-

prinzip [10, 11] hat *Helmholtz* die Priorität *Mayers* ausdrücklich hervorgehoben und seine Leistungen gewürdigt.

Überblickt man die im vorstehenden dargelegte Stellung, die die Arbeiten *Robert Mayers* gegenüber dem Stand der Wissenschaft kurz vor Erscheinen seiner ersten Veröffentlichung, zu seinen Lebzeiten und in den Jahren nach seinem Tode hatten, so kann man etwa folgendes sagen: Die Arbeiten und Leistungen *Robert Mayers* sind für seine Zeit durchaus bahnbrechend. Allerdings gehen seine Forschungen nicht ins einzelne und bleiben auf dem ursprünglichen Niveau stehen. Die seiner eigenen Leistung ebenbürtige Leistung *Carnots* hat *Mayer* nicht erkannt oder jedenfalls nicht weiter verfolgt und berichtigt, wie es *Clausius* tat. Diese Beschränkung *Robert Mayers* auf einige geniale Arbeiten dürfte, wie schon aus dem Aufsatz von *Matschoß* hervorgeht, und wie es auch *Helmholtz* betont [10 Anh.], zum großen Teil auf seinem erschütterten seelischen Zustand beruhen.

Nicht zu verkennen ist ferner, daß die Großtat *Robert Mayers* sozusagen in der Luft lag und fast gleichzeitig von anderen, wenn vielleicht auch nicht in so genialer, intuitiver Weise durchgeführt wurde. Auch ohne die Wirksamkeit *Robert Mayers* wären zweifellos die richtigen Grundsätze der Wärmelehre in der Zeitepoche *Mayers* gefunden worden.

Dies kann aber nicht hindern, *Robert Mayer* stets als denjenigen im Gedächtnis zu behalten, der das Prinzip von der Erhaltung der Energie in seiner allgemeinsten Bedeutung, insbesondere auch in seiner Bedeutung für die Wärmelehre als erster richtig erkannt und in seinen wesentlichen Auswirkungen verfolgt hat.

Schrifttum

[1] *Carnot, S.:* Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance. Paris 1878. (Abdruck der gleichlautenden schwer erhältlichen Veröffentlichung Paris 1824.) Mit 3 Anhängen: 1. Lettre adressée à M le président et à MM. les membres de l'académie des sciences par M. H. Carnot, Sénateur. 30. 11. 1878. 2. Notice biographique sur Sadi Carnot par M. H. Carnot. 3. Extrait de Notes inédites de Sadi Carnot sur les mathematiques, la physique et autres sujets. — Vgl. auch Ostwald's Klassiker Nr. 37. (Übersetzung der Carnot'schen Abhandlung von 1824 nebst Anmerkungen von W. Ostwald.)

[2] *Clapeyron, E.:* Über die bewegende Kraft der Wärme. Journ. de l'école polytechnique T. XIV (1834) p. 170. Übersetzung: Poggendorffs Annalen 59 (1843) S. 446 u. 566.

[3] *Mayer, J. R.:* Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur. Liebigs Annalen der Chemie und Pharmazie. Bd. 42 (1842) S. 233 bis 240.

[4] *Mayer, J. R.:* Die Mechanik der Wärme in gesammelten Schriften, Stuttgart 1867. 2. Aufl. 1874, 3. Aufl. von J. Weyrauch 1893.
I. Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur (aus Liebigs Annalen Bd. 42 (1842) S. 233).

II. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel (Heilbronn, Verlag Drechsler, 1845).
III. Über das Fieber (Aus Wunderlichs Archiv der Heilkunde 1862).
IV. Beiträge zur Dynamik des Himmels (Heilbronn, Verlag Landherr, 1848).
V. Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme (Heilbronn, Verlag Landherr, 1851).
VI. Über die Herzkraft (Archiv f. physiol. Heilkunde, Stuttgart 1851). (Erst in der 2. Aufl.)
VII. Über notwendige Konsequenzen und Inkonsequenzen der Wärmemechanik (Vortrag auf der Naturforscher-Vers. 1869). (In der 3. Aufl.)
VIII. Über Erdbeben (Vortrag in Neckarsulm 1870). (In der 3. Aufl.)
IX. Über die Bedeutung unveränderlicher Größen (Vortrag in Heilbronn 1870). (In der 3. Aufl.)
X. Über die Ernährung (Vortrag Heilbronn 1871). (In der 3. Aufl.)
XI. Über veränderliche Größen (Vortrag Heilbronn 1873). (In der 3. Aufl.)
XII. Die Torricelli'sche Leere (Staatsanzeiger für Württemberg 1875). (In der 3. Aufl.)
XIII. Über Auslösung (Staatsanzeiger für Württemberg 1876). (In der 3. Aufl.)

[5] *Mayer, J. R.:* Naturwissenschaftliche Vorträge. Stuttgart 1871 (VII bis X von 4).

[6] *Weyrauch, J.:* Kleinere Schriften und Briefe von Robert Mayer nebst Mitteilungen aus seinem Leben, Stuttgart 1893 (Prioritätsstreit mit Joule ausführlich dargestellt).

[7] *Joule, J. P.:* On the Calorific Effects of Magneto-Electricity and on the Mechanical Value of Heat. Phil. Mag. (3), Bd. 23 (1843) S. 263, 347 und 435. Gesammelte Abhandlungen London 1884 S. 123. Deutsche Übersetzung: J. P. Joule, Das mechanische Wärme-Äquivalent. Deutsch von I. W. Spengel. Braunschweig 1872.

[8] *Clausius, R.:* Über die bewegende Kraft der Wärme und die Gesetze, welche sich daraus für die Wärmelehre selbst ableiten lassen. Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie (3) Bd. 19 (1850) S. 368.

[9] *Helmholtz, H.:* Über die Erhaltung der Kraft. Berl. Ber. 1847 S. 238. Wissenschaftliche Abhandlungen. Bd. 1 S. 12. Leipzig 1882.

[10] *Helmholtz, H.:* Über die Wechselwirkung der Naturkräfte und die darauf bezüglichen neuesten Ermittlungen der Physik (Vortrag Königsberg 1854). Vorträge und Reden 4. Aufl. Braunschweig 1896. Bd. 1 S. 49. Anhang S. 401 (zugefügt 1883, betrifft Stellung zu Robert Mayer).

[11] *Helmholtz, H.:* Über die Erhaltung der Kraft (Vorlesung 1862/63). Vorträge und Reden 4. Aufl. Braunschweig 1896, Bd. 1 S. 187.

[12] *Holzmann, G.:* Über die Wärme und Elastizität der Gase und Dämpfe. Mannheim 1845; auch Poggendorffs Annalen Ergänzungsband II (1848) S. 183.

[13] *Colding, M. A.:* Thesen betreffs der Kraft. Mathematisk-fysiske Meddelelser, Det Kgl. Danske Videnskaberner Selskab Kopenhagen 1843.

[14] *Colding, M. A.:* On the history of the conservation of energy. Philos. Magazine (4) Bd. 27 S. 56 (1864). Annales de chimie et de physique (4) Bd. 1 (1864) S. 466.

Aus dem Deutschen Museum

Briefe Robert Julius Mayers

in der Urkundensammlung der Bibliothek des Deutschen Museums

Das Deutsche Museum zählt zu den besonderen Schätzen seiner Handschriften- und Urkundensammlung eine Reihe von Briefen Mayers, die vornehmlich aus seiner Hauptschaffenszeit, den Jahren von 1841 bis 1848, stammen. Sie gestatten uns einen intimen Einblick in das Ringen des großen Forschers um die Erkenntnis jenes Prinzips, das wir heute als Satz von der Erhaltung der Energie bezeichnen.

Die Briefe Mayers, 32 an der Zahl, sind gerichtet an den Mathematiker und Physiker Carl Wilhelm Baur, zuletzt Professor an der Technischen Hochschule Stuttgart, an den Mediziner Wilhelm Griesinger, an den Stuttgarter Gymnasiallehrer Gustav Reuschle und an die Königlich Württembergische Zentralstelle für Gewerbe und Handel. Alle diese Briefe sind bis auf zwei, die wir im folgenden wortgetreu wiedergeben, in der von J. J. Weyrauch 1893 zu Stuttgart herausgegebenen Sammlung „Kleinere Schriften und Briefe von Robert Mayer" veröffentlicht.

Die Briefe an Baur, den Mayer 1840 in Paris kennengelernt hatte, sind für die Geschichte des Energieprinzips von ungemeiner Bedeutung, sind sie doch an einen Mathematiker und Physiker gerichtet und oft sehr speziell physikalischen Inhalts. Schon am 24. Juli 1841 schrieb Mayer dem befreundeten Physiker: „. . . auch die Kräfte sind wie die Substanz unzerstörbar, auch sie kombinieren sich miteinander, verschwinden somit in der alten Form . . ., treten dafür in einer neuen auf. Die Kräfte . . . sind: Bewegung, Elektrizität und Wärme." Und am 1. August 1841 formuliert er: „Eine Kraft ist nicht weniger unzerstörlich, als eine Substanz . . . Aufhörende Bewegung dauert als Wärme fort." Zum erstenmal wird das mechanische Wärmeäquivalent in einem Schreiben an Baur vom 12. September 1841 angedeutet, von dem seiner Wichtigkeit wegen die erste und letzte Seite in dieser Schrift auf S. 6 u. 7 wiedergegeben wurden. Wir greifen den klar formulierten Satz heraus: „Eine Lebensfrage für meine Theorien, die sich mit mathematischer Gewißheit entwickeln lassen, bleibt nun die Lösung der Frage: wie hoch muß ein Gewicht — etwa 100 Pfund — über die Erde erhoben sein, daß die dieser Erhebung entsprechende und durch das Herablassen des Gewichts zu gewinnende Menge von Bewegung gleich sei der Menge von Wärme, welche erforderlich, um 1 Pfund Eis von 0° in Wasser von 0° zu verwandeln." Während Mayer zunächst als Maß der Bewegung das Produkt mc, den Impuls, betrachtete, kam er, wohl schon Ende 1841 in zäher Arbeit zu der Erkenntnis, daß das Maß der Bewegung (kinetische Energie) einer bewegten Masse mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wachse. Dem gibt er auch in einem Briefe vom 17. Juli 1842 Ausdruck. Und am 31. desselben Monats endet er seine ausgedehnten Darlegungen mit den Worten: „Du wunderst

Dich, lieber Freund, wie ich nun wieder in Eile einen langen Brief an Dich zusammengefügt habe; ich kann es aber nicht leugnen, die Sache liegt mir immer mehr am Herzen. Ich betrachte es als die Aufgabe meines Lebens, die Wahrheit des Satzes mc^2 = *Wärme* $\left[\text{Mayer setzt } mc^2, \text{ statt } \frac{mc^2}{2}\right]$, *von der ich mit dem klarsten Bewußtsein durchdrungen bin, zu konstatieren. Mein Zweck wäre erreicht, wenn es mir gelänge, Männer vom Fach zu einer ernstlichen Prüfung dieses kleinen und doch wieder alles umfassenden Satzes zu bewegen.“ 1846 verheiratete sich Baur. Mayer richtete verspätet ein Glückwunschschreiben an den Freund, das wir hier, da es noch nicht veröffentlicht wurde, vollständig wiedergeben:*

„Lieber Freund! Ohne Zweifel würde die Statistik nachweisen können, daß bei weitem die Mehrzahl der inter amicos geschriebenen Briefe mit Entschuldigungen wegen fahrläßiger Verspätung beginnen, und so möge denn diese Bemerkung auch mir zur Entschuldigung gereichen, für die heillose Versäumniß, deren ich mich anzuklagen habe. Wie es so geht, man verschiebt von einem Tag zum andern, und zuletzt wird ein Jahr daraus. So nimm denn, wenn auch verspätet, die herzlichen Glückwünsche von meiner Frau und mir zu einer Verbindung, die das Glück Deines Lebens begründet, freundlich auf; wie sehr würden wir uns freuen, wenn Du Dich entschließen wolltest, Deine liebe Frau in unsere Gegend zu führen, und wenn es Euch gefallen sollte, einige Tage wenigstens in unserm Haus zuzubringen, wozu wir herzlich einladen, da es diesen Herbst ohne Zweifel hier außergewöhnlich hoch hergehen wird, so dürfte dies ein sehr geeigneter Zeitpunkt zu einer Vacanzreise seyn. — Von meiner Frau einen Haushaltungsgegenstand, von mir etwas Stoff zur Pfeife nimm als kleines Andenken freundlich in den Ehestand hinein, und sey mit Deiner lieben Frau von uns aufs herzlichste gegrüßt Dein Mayer. Heilbronn, 25. Sept. 1846.“

Während die 18 Briefe Mayers an Baur vorwiegend rein physikalischen Inhalts sind, enthalten die an Griesinger gerichteten 8 Briefe neben allgemein gehaltenen Darstellungen der mechanischen Wärmetheorie auch weitgehende physiologische Erörterungen. Von besonderem Interesse ist ein langes Schreiben vom 5./6. Dezember 1842. Wir führen daraus einige Sätze an, die sich durch große Anschaulichkeit auszeichnen:

„Wir wollen annehmen, ein Apfel hänge auf einem Baume, sein Gewicht sei 4 Lot, seine Höhe über dem Boden 15 Fuß; der Apfel fällt herab, und hierbei erlangt derselbe, bis er den Boden erreicht, eine gewisse Geschwindigkeit. Da der Apfel schneller und schneller sich bewegt, je länger er fällt, so ist die Geschwindigkeit, die er zuletzt hat, seine sogenannte Endgeschwindigkeit, seine größte; in dem Moment, wo er auf den Boden gelangt, hat er eine Geschwindigkeit von 30 Fuß. . . . Vorausgesetzt nun, es würde von unsern Untersuchungsobjekten unsrer Beobachtung und Messung nichts entzogen — eine schwierige, aber zum Glück nicht ganz unlösliche Aufgabe der Experimentalphysik — so, ist jetzt meine Behauptung, kommt, nachdem der Apfel aufgehört hat, sich zu bewegen, so viel Wärme zum Vorschein, daß durch diese Wärme (beiläufig) ½ Drachme Wasser von 0° auf 1° gebracht würde; meine Behauptung ist also die, daß die zum Vorschein kommende Wärmemenge, in specie die Temperaturerhöhung von ½ Drachme Wasser, gefunden wird aus der aufhörenden Bewegung, in specie eines Apfels von 4 Lot mit der Geschwindigkeit von 30 Fuß.“

Und einige Zeilen weiter unten heißt es: „Ob wir schnell oder langsam verbrennen, ob im offenen oder im Raum der Maschine, ist für das Endresultat, für das durch den Verbrennungsprozeß gelieferte Wärmequantum, gleichgültig; lassen wir aber mit unsrer Kohlenstoff-Menge die Maschine arbeiten und die Ge-

wichte heben, so wird ein geringeres Wärmequantum als vorher geliefert, der Ausfall wird aber präzis wieder gedeckt, wenn wir den mechanischen Effekt, den die Gewichte durch das Herabsinken liefern, zur Wärmeproduktion verwenden.“ Gegen Schluß desselben Briefes lesen wir die bedeutsamen Worte: „Ein Beweis, der, für mich subjektiv, die absolute Wahrheit meiner Sätze darthut, ist ein negativer: es ist nämlich ein in der Wissenschaft allgemein angenommener Satz, daß die Konstruktion eines Mobile perpetuum eine theoretische Unmöglichkeit sei (d. h. wenn man von allen mechanischen Schwierigkeiten, wie Reibung etc., abstrahiert, so bringt man es doch auch in Gedanken nicht hin), meine Behauptungen können aber alle als reine Konsequenzen aus diesem Unmöglichkeitsprinzip betrachtet werden; leugnet man mir einen Satz, so führe ich gleich ein Mobile perpetuum auf.“

Ein Brief vom 14. Juni 1844 gibt eine spezielle Anwendung seiner Theorie auf die Physiologie. Mayer schreibt:

„Setzen wir meine Theorie einmal voraus, so sehen wir, daß ein Mensch (oder ein Tier), der 160 Pfund schwer ist, um 7 Fuß in die Höhe zu steigen, zu dieser Aktion 1 Gran Kohlenstoff verbrennen muß. Der Organismus ist aber nicht im stande, diesen Gran behufs der gewünschten Aktion, d. h. zur Hebung von 160 Pfund auf 7 Fuß, allein zu verbrennen, ohne zugleich vermehrte Wärme zu erzeugen; denn die verstärkte Respiration, ohne welche der Gran nicht verbrennen kann, setzt an sich ein größeres Wärmebedürfnis voraus; um die Luft zu erwärmen, welche in größerem Quantum ein- und ausgeführt wird, und um die verstärkte Wasserverdampfung zu bewirken, wenn man an ein Echauffieren des ganzen Körpers auch noch nicht denken will. Statt 1 Gran findet also etwa ein Mehraufwand von 2½ Gran statt, 1 Gran zu mechanischem Effekt, 1½ Gran zu vermehrter Wärme. Überall lassen sich mit Dampfmaschinen keine unebenen Parallelen ziehen.“

Aus dem letzten der an Griesinger gerichteten Briefe Mayers (Datum: 20. Juli 1844) sei schließlich noch der Schlußabschnitt mitgeteilt, der dem mechanischen Wärmeäquivalent gilt: „Der Schnee macht kalt, das Feuer brennt, . . . beim Arbeitenden ist der Atem, der Herzschlag, die Wärme, der Appetit vermehrt, der Stoffwechsel beschleunigt; aber aus welchem Grunde und in welchem Maße nach Pfund und Lot, das ist die Frage, und Liebig hat die erste sehr unbefriedigend, die letzte garnicht beantwortet. Die präcise Beantwortung derselben scheint Dir eine zu kümmerliche Frucht für eine Voruntersuchung von 40 Seiten. Wahrlich ich sage euch, eine einzige Zahl hat mehr wahren und bleibenden Wert als eine kostbare Bibliothek voll Hypothesen.“

Die Briefe Mayers an Reuschle, es sind deren fünf erhalten, behandeln hauptsächlich Fragen, die auf Mayers Werk über die Dynamik des Himmels (1848) Bezug nehmen. Sie bilden eine wichtige Ergänzung zu den an Baur und Griesinger gerichteten Briefen.

Als recht wertvolles Dokument von der Hand Mayers besitzt das Deutsche Museum auch das Gesuch des großen Forschers an die Württembergische Zentralstelle für Gewerbe und Handel um finanzielle Unterstützung bei der Herstellung seines Kraftmessers (Dynamometer). Das Schreiben lautet:

„„Hohe Centralstelle für Handel und Gewerbe. Schon von verschiedenen Seiten, u. A. auch von Sr. Excellenz, dem Herrn Minister v. Varnbühler, wurde ich aufgefordert, die von mir entdeckten und nun unter dem Namen der „mechanischen Wärmetheorie“ überall verbreiteten theoretischen Wahrheiten auch für das praktische Leben nützlich zu machen. Das nächstliegende in dieser Hinsicht scheint

mir die Herstellung eines Kraftmessers zu seyn, wie ich solches in meiner vor 18 Jahren erschienenen Schrift „Bemerkungen über das mechanische Äquivalent der Wärme" (Vergl. meine „Mechanik der Wärme", Stuttg. 1867, S. 284) angedeutet habe. Es heißt nämlich dort: „Neuerdings ist es mir auch gelungen, zur direkten Bestimmung des mechanischen Äquivalents der Wärme einen sehr einfachen Wärmebewegungsmesser in kleinem Maßstabe zu construirn, mit welchem sich die Richtigkeit des in Rede stehenden Princips ad oculos demonstrirn läßt, und ich habe Grund zu glauben, daß mittelst eines solchen calorimotorischen Apparates auch der Nutzeffect von Wasserwerken und Dampfmaschinen leicht und vorteilhaft gemessen werden kann. Doch muß es dem künftigen Urtheil der Techniker vorbehalten bleiben, darüber zu urtheilen, ob und wie weit diese Methode vor der Prony'schen den Vorzug verdient."

Auf meinen Wunsch hat nun mein Freund, Herr Zech, Director der hiesigen Maschinenfabrik, den beiliegenden Plan eines Kraftmessers entworfen, durch welchen gleichzeitig sowohl nach der früheren Prony'schen Bremsmethode, als auch gegründet auf die neuen Wärmetheorien auf thermometrischem Wege die Arbeit beliebiger Motoren gemessen werden kann. Da ich aber als Privatmann schon seit 25 Jahren für die Wissenschaft gewiß unverhältnismäßig große Opfer gebracht habe, so erlaube ich mir an die Hohe Centralstelle die gehorsame Bitte zu richten:

Durch eine entsprechende Geldbewilligung die Herstellung eines solchen Apparates bewirken zu wollen, indem ich nicht zweifeln kann, daß dadurch ein sehr verdienstvolles Unternehmen zu Tage gefördert werden wird.

Im Falle, daß die Hohe Centralstelle meine Bitte gewähren würde, so wäre es dann meine Aufgabe, diesen Gegenstand auf eine ganz Ihrem Willen entsprechende Weise zu verfolgen.

Indem ich einer geneigten Antwort auf meine Bitte hoffend entgegensehe, verharre ich ehrfurchtsvoll Dero ergebenster, gehorsamster Diener, Dr. J. R. v. Mayer. Heilbronn, 29. Juli 1868.""

Die Zentralstelle genehmigte unter dem 9. September 1868, daß ein für Versuche zur mechanischen Wärmetheorie zu gebrauchender Kraftmesser, der sowohl als kalorisches wie auch als Bremsdynamometer zu verwenden sei, auf ihre Kosten hergestellt würde. Der bald darauf von Emil Zech ausgeführte Mayersche Kraftmesser, der geeignet war, die Leistung von Maschinen von 20 und mehr PS durch Umwandlung mechanischer Energie in Wärmeenergie zu messen, wurde 1869 auf der Heilbronner Gewerbe- und Industrieausstellung ausgestellt und erregte dort großes Aufsehen. Dieser historisch wertvolle Originalapparat ist heute im Besitze des Deutschen Museums und legt dort Zeugnis davon ab, daß dem großen Forscher praktisch technisches Können ebenso eigen war, wie die Fähigkeit zu theoretischem Denken. *Friedrich Klemm.*

Zur Geschichte des Museums

1903 *Gründung des Deutschen Museums von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik durch Oskar von Miller.*

1906 *Eröffnung der vorläufigen Sammlungen in den Räumen des ehemaligen Nationalmuseums an der Maximilianstraße.*
Gleichzeitig Grundsteinlegung zum eigenen Bau auf der Museumsinsel in Anwesenheit des Deutschen Kaisers und des Prinzregenten Luitpold von Bayern. (Architekt: Gabriel von Seidl.)

1909 *Eröffnung weiterer Sammlungen in der alten Isarkaserne an der Erhardtstraße.*

1911 *Richtfest des Sammlungsbaues.*
Die für 1916 geplante Fertigstellung wurde durch Krieg und Inflation um fast ein Jahrzehnt verzögert.

1925 *Eröffnung des Deutschen Museums im Neubau auf der Museumsinsel.*

1928 *Grundsteinlegung zum Bibliothek- und Saalbau in Anwesenheit des Reichspräsidenten von Hindenburg. (Architekt: German Bestelmeyer.)*

1932 *Eröffnung der Bibliothek. Erster Bibliotheksleiter Dipl.-Ing. Hans Krüger-Kulm, gest. 7. Januar 1936.*

1935 *Eröffnung des Saalbaues mit einem Sitzungssaal, zwei Vortragssälen und einem großen Fest- und Vortragssaal mit 2450 Sitzplätzen und zahlreichen Nebenräumen insbesondere für Kongresse.*

1938 *Eröffnung des Erweiterungsbaues für Kraftfahrwesen (Architekt: Karl Bäßler) und der durch Professor Dr. Kamm, Technische Hochschule Stuttgart, neu eingerichteten Abteilung „Kraftfahrwesen".*

1939 *Eröffnung der durch Professor Dr. Stenger, Technische Hochschule Berlin, neu gestalteten Abteilung „Photographie".*

Oskar-Miller-Stiftung

Eine der Einrichtungen des Deutschen Museums, die sich seit langen Jahren in jeder Beziehung als segensreich erwiesen hat, ist die Oskar-Miller-Stiftung. Sie ist zu Ehren des Gründers des Deutschen Museums, Oskar von Miller, zu seinem 70. Geburtstage anläßlich der Einweihung des Deutschen Museums errichtet worden.

*Ihr Zweck ist, „Minderbemittelten, nicht in München ansässigen jungen Leuten beiderlei Geschlechts (Studierenden an Hoch- und Fachschulen, Schülern an höheren Unterrichtsanstalten, Handwerkern und Arbeitern), für deren weitere Ausbildung ein Besuch des Deutschen Museums zweckmäßig erscheint, diesen Besuch durch Gewährung einer Beihilfe zu ermöglichen". Weiterhin hat sie die Aufgabe, soweit noch Mittel zur Verfügung stehen, jungen Technikern und Naturwissenschaftlern, die ihr Hoch- und Fachschulstudium eben abgeschlossen haben, zum Zwecke ihrer weiteren Ausbildung Beihilfen zu größeren Studienreisen, insbesondere nach dem Auslande, zu gewähren *).*

Die Mittel, die der Stiftung zur Verfügung stehen, sind die Zinsen aus einem Stammkapital. Die Verwaltung liegt in den Händen eines Verwaltungsrates aus 8 Mitgliedern. Ihm gehören an:

1. *der Vertreter des Deutschen Museums, z. Z. Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Zenneck,*
2. *ein Vertreter der Physikalisch-technischen Reichsanstalt,*
3. *ein Vertreter der Lehrerschaft an Technischen Hochschulen,*
4. *ein Vertreter der Deutschen Arbeitsfront,*
5. *ein Vertreter der Studentenschaft,*
6. *ein Vertreter des Reichsministeriums für Wissenschaft, Erziehung und Volksbildung,*
7. *ein Vertreter des Reichsfinanzministeriums,*
8. *ein Vertreter des Bayerischen Unterrichtsministeriums.*

Am 8. Mai jeden Jahres, unmittelbar nach der Jahresversammlung des Deutschen Museums, tritt der Verwaltungsrat in München zu einer Geschäftssitzung zusammen, in der die im Laufe des Jahres eingereichten Bewerbungen geprüft werden und die Verleihung der Stipendien erfolgt.

In den Jahren seit der Errichtung dieser Stiftung (1926 bis 1939) sind im ganzen 568 Stipendien verliehen worden, darunter 536 zum fünftägigen Besuch des Deutschen Museums und 132 für Studienreisen in das In- und Ausland. Von den Stipendien zum Besuch des Deutschen Museums wurden verliehen:

144	*Stipendien*	*an Studierende (Technische Hochschulen, Höhere Techn. Staatslehranstalten und Techniken)*
132	*„*	*an Schüler (Höhere Lehranstalten, Fach- und Gewerbeschulen, Lehrerbildungsanstalten)*
59	*„*	*an sonstige Studierende (Universitäten, Akademien, Kunstgewerbeschulen usw.)*
38	*„*	*an Ingenieure und Techniker*
29	*„*	*an Handwerkslehrlinge und jüngere Arbeiter*
34	*„*	*an Lehrer.*

Die Stipendien zum Besuche des Deutschen Museums bestehen in freier Hin- und Rückfahrt und in einem Betrage von RM 60,— für den fünftägigen Aufenthalt in München, einem Betrag, der dem Stipendiaten gestattet, neben dem Deutschen Museum auch noch andere Sehenswürdigkeiten Münchens zu besichtigen und unter Umständen einen Ausflug in die Alpen anzuschließen.

Die Reisestipendien wurden früher vorzugsweise für Reisen in das Ausland durch Studierende an Technischen Hochschulen verwendet. Die jungen Leute sollten dadurch die Möglichkeit bekommen, ihren Gesichtskreis zu erwei-

*) *Wortlaut der Satzungen.*

tern und zu sehen, wie in anderen Ländern Wissenschaft und Technik sich entwickelt haben und wie Fabriken, wissenschaftliche und technische Anstalten im Auslande betrieben werden. Unter diesen Stipendien befanden sich:

2	*Stipendien*	*mit je RM*	*2000,—*	*nach Amerika (Besuch von Museen und Ausstellungen)*
1	*Stipendium*	*„ „*	*1200,—*	*nach England und Frankreich (Besuch von Museen)*
1	*„*	*„ „*	*1000,—*	*nach Amerika (Besuch von Bibliotheken)*
1	*„*	*„ „*	*600,—*	*nach England (Rundfunkeinrichtungen)*
2	*Stipendien*	*„ je „*	*1200,—*	*nach Rußland (Forschungsinstitut für Wasserkraft und Hydraulik)*
1	*Stipendium*	*„ „*	*2000,—*	*nach Südafrika (geologische Studien)*
1	*„*	*„ „*	*2000,—*	*nach Amerika (Flugwesen)*
1	*„*	*„ „*	*1900,—*	*nach Amerika (Schweißtechnik)*
1	*„*	*„ „*	*800,—*	*nach Dänemark und Holland (Studium der Abwässerreinigung*
2	*Stipendien*	*„ je „*	*1200,—*	*nach Amerika und Kanada (Studium der Weizenkrankheiten)*
1	*Stipendium*	*„ „*	*2000,—*	*nach Amerika (Studium von Wasserkraftanlagen)*

Weitere 31 Stipendien von je RM 300,— bis RM 600,— wurden verliehen an Ingenieur-Studierende und Techniker nach Skandinavien, Balkan, Italien, Schweiz, Frankreich usw. zum Studium von wichtigen Wasserkraftanlagen, Straßen- und Bahnbauten, Bodenunternehmungen, Textilfabriken, Forstwirtschaft usw.

Für Studienreisen innerhalb des Deutschen Reiches wurden an Studierende 87 Stipendien verliehen zur Besichtigung von wichtigen Hafen-, Kanal- und Wasserbauten, Reichsautobahnen, Kraftwerken und größeren Industrieanlagen im Rheinland und Westfalen u. ä. In den letzten Jahren waren diese Stipendien für Reisen im Inland nahezu die Regel, da es immer schwieriger wurde, die Mittel für Auslandsreisen zu beschaffen.

Jeder Stipendiat, der ein Stipendium für eine Studienreise erhalten hat, ist verpflichtet, einen Bericht über seine Erfahrungen an die Oskar-Miller-Stiftung einzureichen. Es ist selbstverständlich, daß ein großer Teil dieser Berichte über das Mittelmaß nicht hinausgeht. Aber es befinden sich unter diesen Berichten auch ganz Ausgezeichnete, zum Teil mit vorzüglichen photographischen Aufnahmen. Diese Berichte zusammen mit den vielfach in ihnen enthaltenen Abbildungen legen ein beredtes Zeugnis dafür ab, welchen großen Nutzen eine solche Reise, insbesondere in das Ausland, einem jungen Mann mit offenen Augen und den nötigen Vorkenntnissen bringt.

Hundert Jahre Photographie*)

Von *Erich Stenger,* Berlin

Unter den Gedenkfeiern des Jahres 1939 nimmt ein Hundertjahrjubiläum eine ganz besonders bevorzugte Stellung ein, bei dem es sich um eine Erfindung handelt, deren kulturelles Ausmaß nicht hoch genug eingeschätzt werden kann. Es ist die Photographie, die der Menschheit vor nunmehr hundert Jahren geschenkt wurde, zu deren Würdigung unser Deutsches Museum eine entsprechende Abteilung neu aufgebaut und heute morgen eröffnet hat, eine Erfindung, die in ihrem Wert der Erfindung der Buchdruckerkunst an die Seite gestellt werden muß; was diese für den Gedanken und das gesprochene Wort war, das wurde in glücklicher Ergänzung die Lichtbildnerei für die Erscheinung und deren bildliche Darstellung. Wissenschaftler und Techniker können hinzufügen, daß die Aufgabe, welche die Photographie zu lösen übernommen hat, nicht mit der bildlichen Darstellung erschöpft ist, sondern die Photographie verfolgt noch andere und höhere Ziele: die Forschung, die forschende Sichtbarmachung des Unsichtbaren.

Vorläufer. Anfänge der Daguerreotypie

Es war im Jahre 1727. Ein deutscher Gelehrter zeigte ein für jene Zeit eigenartiges Experiment. Auf ein Gemisch aus Kreide und Silbernitrat, das er in einer Flasche aufhob, ließ er Licht in der Art einwirken, daß er Schablonen auf die Flaschenwand auflegte und durch deren Ausschnitte das Licht auf den Flascheninhalt wirken ließ. Die Schablonenausschnitte, Buchstaben, Zeichen und ähnliches bildeten sich dunkel auf dem Weiß des Flascheninhalts ab. Es war der Hallenser Arzt Professor *Johann Heinrich Schulze,* der an der Universität in Altdorf auf dem beschriebenen Wege den Nachweis führte, daß das Licht und nicht die Wärme die Veränderung des in der Flasche enthaltenen

*) Der Verfasser, Professor Dr. *Erich Stenger,* Leiter des Instituts für angewandte Photochemie an der Technischen Hochschule in Berlin, hat den hier zum Abdruck kommenden Vortrag anläßlich der Jahresversammlung des Deutschen Museums am 7. Mai 1939 und der Eröffnung der unter seiner Mitarbeit neu gestalteten geschichtlich-photographischen Abteilung gehalten. Der Vortrag, der sich selbstverständlich nicht an Fachleute wandte, erhebt keinen Anspruch darauf, vollständig zu sein, sondern beschränkt sich darauf, einzelne besonders auffällige Beispiele aus den zahllosen Anwendungsgebieten der Photographie zu geben. Von den beim Vortrag gezeigten etwa 100 Lichtbildern kann nur ein kleiner Teil im Druck wiedergegeben werden. Erschöpfend wird die „hundertjährige Photographie" behandelt in dem Buche des Verfassers „Die Photographie in Kultur und Technik", Verlag von E. A. Seemann in Leipzig.

Silbersalzes bewirke. *Schulze* war der erste, der eine photographische Kopie erzeugte, allerdings eine Kopie, die weder ortsgebunden noch fixierbar war; denn wenn er den Inhalt der Flasche durcheinanderschüttelte, so verschwand das Bild in der Masse des Inhalts, und die neu entstandene weiße Oberfläche konnte erneut zu diesem eigenartigen, vielbewunderten Experiment verwendet werden.

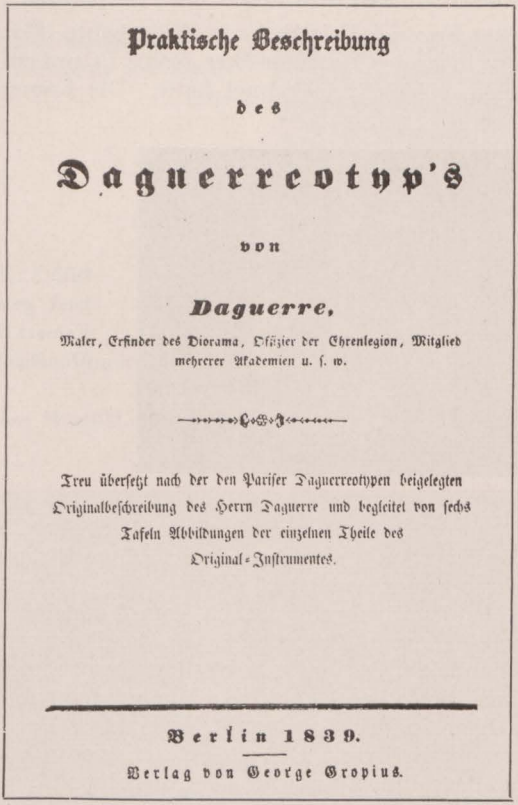
Hundert Jahre später. Ein Franzose, *Nicéphore Niépce,* ein Erfinder auf verschiedenen Gebieten, verstand es, angeregt durch den von dem Deutschen *Alois Senefelder* erfundenen Steindruck, in der Camera obscura, der ursprünglichen Form des photographischen Apparates, durch vielstündige Belichtungen Metallplatten bildmäßig ätzbar zu machen. Eine auf diese Platten aufgelegte lichtempfindliche Asphaltschicht wurde im Maße der Lichteinwirkung unlöslich; nachdem die löslich gebliebenen Schichtteile entfernt waren, konnte das bloßgelegte Metall durch Ätzung bildmäßig vertieft werden. Das Verfahren des Niépce, Heliographie genannt, war der erste Beginn photomechanischer Druckverfahren.

Ein anderer Franzose, der Landschafts- und Theatermaler *Jacques Louis Mandé Daguerre,* arbeitete ebenfalls im Sinne der beginnenden Lichtbildnerei. Durch den Pariser Optiker *Charles Chevalier* waren beide Erfinder, Niépce und Daguerre, miteinander in Verbindung gekommen und hatten 1829 einen Vertrag untereinander abgeschlossen, sich über die Fortführung ihrer Arbeiten gegenseitig zu unterrichten. Niépce starb 1833, Daguerre arbeitete allein weiter unter Benutzung der Ergebnisse des Niépce.

Das Verfahren Daguerres, das erste photographische, bestand darin, daß polierte Silberschichten, auf Kupferplatten aufgelegt, in einem kleinen Kasten Joddämpfen ausgesetzt wurden; es bildete sich eine lichtempfindliche Jodsilberschicht, die in der Kamera belichtet, danach in einem kleinen Kasten in Quecksilberdämpfen entwickelt und zum Schluß in einer Fixiernatronlösung lichtecht gemacht wurde. Das Natriumthiosulfat als Fixiermittel war bereits 1819 von dem Chemiker *Herschel* angegeben worden.

Daguerre bemühte sich gemeinsam mit dem Sohne des verstorbenen Niépce, aus seiner Erfindung geldlichen Nutzen zu ziehen; seine Bemühungen mißlangen, und so wandte er sich gegen Ende des Jahres 1838 an den französischen Physiker *François Arago,* um sein Verfahren dem französischen Staat für 200 000 Franken anzubieten. Neben Arago trat auch *Alexander von Humboldt* als Begutachter der neuen Erfindung auf; man erkannte deren Wichtigkeit, und Arago machte am 7. Januar 1839 der französischen Akademie der Wissenschaften die erste Mitteilung, ohne das Verfahren selbst zu entschleiern. Es wurde erreicht, daß der französische Staat die Erfindung ankaufte und Daguerre wie

auch den Sohn Niépce durch eine lebenslängliche Jahresrente von 6000 bzw. 4000 Franken entschädigte. Nunmehr konnte Arago in öffentlicher Sitzung der Akademie der Wissenschaften zu Paris am 19. August 1839 das neue Verfahren in allen seinen Einzelheiten bekanntgeben, dem man zu Ehren des anwesenden Miterfinders den Namen Daguerreotypie gab. So stehen also Geburtsjahr und -tag dieser Erfindung fest.



Praktische Beschreibung

des

Daguerreotyp's

von

Daguerre,

Maler, Erfinder des Diorama, Offizier der Ehrenlegion, Mitglied mehrerer Akademien u. s. w.

Treu übersetzt nach der den Pariser Daguerreotypen beigelegten Originalbeschreibung des Herrn Daguerre und begleitet von sechs Tafeln Abbildungen der einzelnen Theile des Original-Instrumentes.

Berlin 1839.

Verlag von George Gropius.

Bild 1
Deutsche Ausgabe der 1839 erschienenen Daguerreschen Druckschrift

Mit einer für die Verkehrsverhältnisse jener Zeit beispiellosen Schnelligkeit eilte die Kunde der neuen Erfindung durch alle Kulturländer. Daguerres Gebrauchsanweisung wurde in alle Kultursprachen übersetzt. In Deutschland allein erschienen noch im Jahre 1839 acht verschiedene Ausgaben der kleinen Broschüre.

Die Aufnahmekamera, wie sie Daguerre nach seinen Angaben in Paris bauen ließ, und wie sie allerorts sogleich nachgeahmt wurde, bestand aus zwei für die Scharfeinstellung ineinander verschiebbaren

Holzkästen. Das Objektiv war eine einfache Sammellinse, das Bild wurde auf der Mattscheibe eingestellt, hinter welcher sich in einem Winkel von 45° ein Spiegel befand, in dem das kopfstehende Mattscheibenbild aufrecht erschien. Seitenrichtige Bilder entstanden, indem man mit Hilfe eines schräg vor das Objektiv gestellten Spiegels photographierte. Jede Originalkamera Daguerres trug ein Schild mit seiner eigenen Unterschrift und dem Siegel des Fabrikanten.

Der Optiker *Friedrich Voigtländer* in Wien baute 1841 die erste Metallkamera, zu welcher der Mathematiker *Joseph Petzval* ein gut korrigiertes und lichtstarkes Objektiv berechnet hatte. Die Kamera war in einem

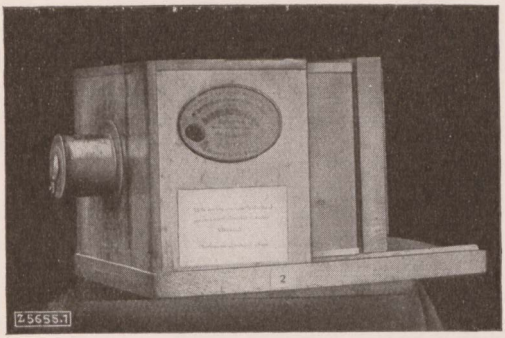


Bild 2. Erste nach Deutschland gelangte „Daguerre"-Kamera (Deutsches Museum, München)

Holzkasten mit allem Zubehör einschließlich der Chemikalien wohl verpackt; die Flaschen waren durch geschliffene Pfropfen geziert. Sollte eine Aufnahme gemacht werden, so wurde die Kamera in die doppelte Gabel des Metallstativs gelegt, nach dem Einstellen des Bildes vorsichtig abgehoben, vom „Operateur", wie der Photograph schon in der Frühzeit genannt wurde, in die Dunkelkammer gebracht, mit der lichtempfindlichen Platte beschickt und dann wieder zur Aufnahme selbst in die alte Lage in der Gabel zurückgebracht. Der „Patient" durfte in der Zwischenzeit Platz und Stellung nicht verändern, damit die vorher durchgeführte Einstellung bei der Aufnahme stimmte.

Die ersten daguerreotypischen Bildproben wurden allerorts bewundert und bestaunt. Trotz überaus langer Belichtungszeit, trotz der Unmöglichkeit, die Bilder zu kopieren, die nur in bestimmter Richtung sichtbar waren, war man über alle Maßen befriedigt von der Schärfe und Naturtreue, wie sie mit zeichnerischen Verfahren niemals erreichbar war. Die Belichtungszeit bei sonnenbeschienenen Gebäuden dauerte anfangs bis zu einer halben Stunde. Das Bild des Palais Royal in Paris, von Daguerre selbst gefertigt, ist 1839 entstanden und angeblich die erste Bildprobe, die nach Deutschland gelangte.

Bei dem Versuch, Bildnisaufnahmen zu machen, wirkte das lange Sitzen in voller Sonne recht unangenehm; denn über die zur Erhöhung der aktinischen Wirkung weiß gepuderten Gesichter flossen Schweißströme, welche die Farbauflage strähnenweise wegflößten.

Jedoch die Belichtungszeit konnte schon bald wesentlich verkürzt werden, als man lernte, neben dem Jodsilber auch Bromsilber zu

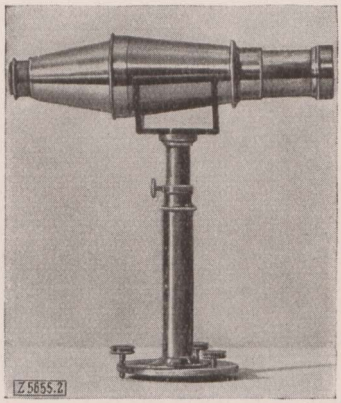
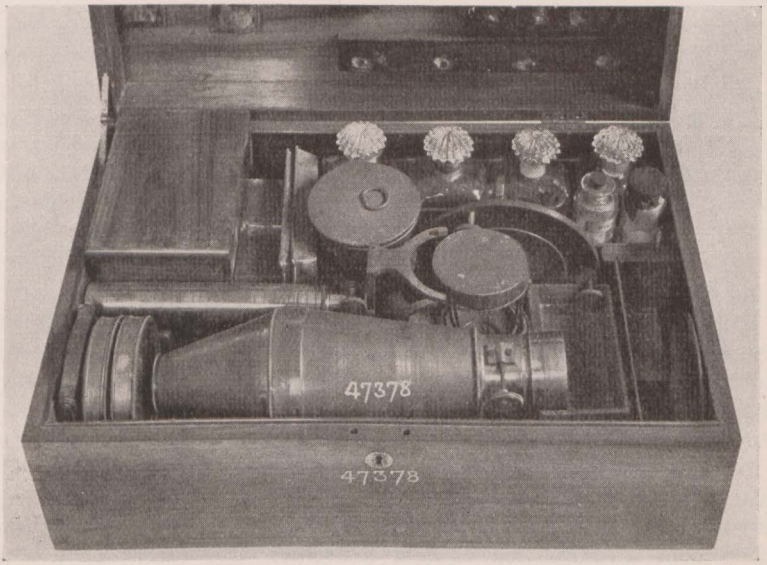


Bild 3. Voigtländer-Metallkamera von 1841 mit Petzval-Objektiv und Metallstativ

Bild 4. Voigtländer-Kamera mit Ausrüstung
(Deutsches Museum, München)



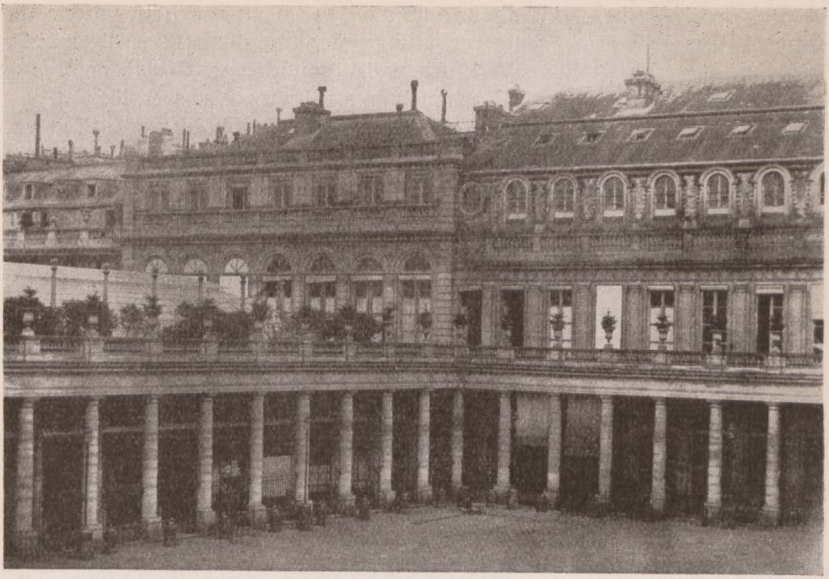


Bild 5. Von Daguerre 1839 selbst aufgenommenes Bild des Palais Royal in Paris (Sammlung d. Inst. f. angew. Photochemie, Techn. Hochschule, Berlin)

verwenden. So stand diesem neuen Verfahren die Möglichkeit offen, in verhältnismäßig kurzer Zeit, innerhalb weniger Minuten, Porträts zu liefern.

Es ist nicht zuviel gesagt, wenn man behauptet, daß die Photographie auf Grund der menschlichen Eitelkeit groß geworden ist, und daß diese neue Kunst das menschliche Bildnis demokratisiert hat, indem sie auch dem weniger bemittelten Volksgenossen die Möglichkeit gab, das eigene Bildnis zu besitzen.

Erste Entwicklung. Kritik und Fortschritte

Es ist besonders erwähnenswert, daß schon in der frühesten Zeit mit dem geschilderten Verfahren Bildnisse hervorragender künstlerischer Auffassung geschaffen worden sind, weil sich viele vorher künstlerisch tätig gewesene Menschen dem neuen Verfahren, der photographischen „Maschine", zuwandten.

Die Gelehrten und die Praktiker, die Künstler und die Dichter waren sich nicht einig über den Wert der neuen Erfindung, von der man allerorts Proben sah, wie man auch allerorts Versuche mit tauglichen oder untauglichen Mitteln anstellte. Der Mathematiker und

Bild 6. Bildnisaufnahme etwa 1848
(Sammlung E. Stenger)

Astronom *Jean Baptiste Biot* als Gutachter der Daguerre'schen Erfindung, äußerte: „Man kann nicht besser seine Gedanken über diese Erfindung zum Ausdruck bringen, als wenn man sie vergleicht mit einer künstlichen Retina, durch Daguerre geschaffen und den Physikern übereignet."

Und *Alexander von Humboldt,* der neben *Arago* und *Biot* der dritte im Bunde der Prüfer im Auftrage des französischen Staates war, stellte fest: „Gegenstände, die sich selbst in unnachahmlicher Treue malen; Licht, gezwungen durch chemische Kunst, in wenigen Minuten bleibende Spuren lassen, die Konturen bis auf die zartesten Teile scharf zu umgrenzen, ja diesen ganzen Zauber (freilich einen farblosen) bei heiterem sonnenklarem Tage hervorgerufen zu sehen, das spricht freilich unaufhaltsam den Verstand und die Einbildungskraft an. Die Bilder haben ganz den unnachahmlichen Charakter, den die Natur nur selbst hat aufdrücken können."

Der Chemiker *Herschel* urteilte: „Hier sehen wir wahrhaft Wunder." Der Physikochemiker *Gay-Lussac:* „Die Daguerreotypie ist ein Mittel, um die tote Natur mit einer für das gewöhnliche Verfahren der Zeichnung und Malerei unerreichbaren Vollkommenheit darzustellen, mit einer Vollkommenheit gleich der Natur selbst." Der Chemiker *Berzelius* jedoch schrieb: „Die Daguerreotypie scheint mir in ihrem jetzigen Zustand nur eine physikalische Spielerei zu sein. Kann sie nicht zu etwas anwendbarem gebracht werden, so hat die französische Kammer sich durch große Worte irreführen lassen" (nämlich bei der gesetzlichen Festlegung der Jahresrente für die Erfinder).

Der Berliner Lithograph und Kunsthändler *Louis Friedrich Sachse,* der die Daguerreotypie in Berlin schon im September 1839 eingeführt hatte, äußerte sich: „Die Schönheit dieser Bilder ist so erstaunlich, daß man sich jeder Beschreibung enthalten muß, um nicht für einen Exaltierten gehalten zu werden. Man könnte den Verstand verlieren, wenn man ein von der Natur gewissermaßen selbst geschaffenes Bild sieht." Im Gegensatz hierzu berichtete die Vossische Zeitung recht unüberlegt am 28. August 1839: „Man ist hier noch immer nicht genug gegen französische Windbeuteleien verwahrt."

Als erst die Porträtphotographie in weiteren Kreisen bekannt und ihrer ersten Schwierigkeiten enthoben war, da äußerte sich ein Dr. *Alexander,* Mitglied des Polytechnischen Vereins in München: „Da man Porträts in einer Sekunde zu erzeugen vermag, ist der parlamentarische Redner nicht mehr sicher, ob er nicht im Affekte seiner Rede abgebildet und so sein Bild eine Beilage zu seiner Rede wird. Der Stenograph nimmt ihm das Wort vom Munde, der Heliograph die Miene vom Gesichte."

Bald darauf schrieb der Dichter *Alexander von Sternberg* an *Berzelius:* „Wie weit werden Sie es mit Ihrer verzweifelten und verteufelten Chemie noch treiben? — Sie rufen mir zu, daß Sie neuerdings durch Ihre Anhänger und Schüler das Daguerreotyp haben erfinden lassen. Es ist wahr, allein diese Erfindung ist in meinen Augen ebensowenig wert als die der Eisenbahnen. Sie haben den Lichtstrahl, den freiesten Sohn des Himmels, solange mit ihrer chemischen Zuchtrute geschlagen, bis er das Zeichnen lernte. Aber wie zeichnet er? Was macht er aus den Augen, Ohren, Nasen und Händen unserer Angehörigen und Lieben? Sie haben die Sonne zur Porträtmalerin gemacht! Ach, das war ein unglücklicher Einfall. Wie malt sie jetzt? Man kann eine vortreffliche Sonne und dabei doch eine herzlich schlechte Porträtmalerin sein."

Es ist erklärlich, daß Kunstmaler, Kupferstecher, Lithographen und andere in der neuen Erfindung eine Schmälerung ihrer wirtschaftlichen Einkünfte witterten. Und so ist es ebenfalls begreiflich, daß sie mit allen Mitteln des Spotts die neue Erfindung bekämpften.

Eine der bekanntesten solcher spottenden Darstellungen ist die „Daguerreotypomanie" *Maurissets* von 1840; sie zeigt den in Eisen gelegten „Patienten" während einer Porträtaufnahme und weist vorausahnend auf Reise-, Moment- und Ballonphotographie, stellt einen Umzug der Daguerre-Entzückten und Daguerre-Verrückten dar und tröstet die Herren Graveure und andere über ihre durch die Lichtbildnerei zu erwartende wirtschaftliche Niederlage, indem sie ihnen anbieten, sich einen Galgen zu mieten.

Es gab auch wirklich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts Marterstützen besonderer Art, um die notwendige lange Unbeweglichkeit überwinden zu helfen.

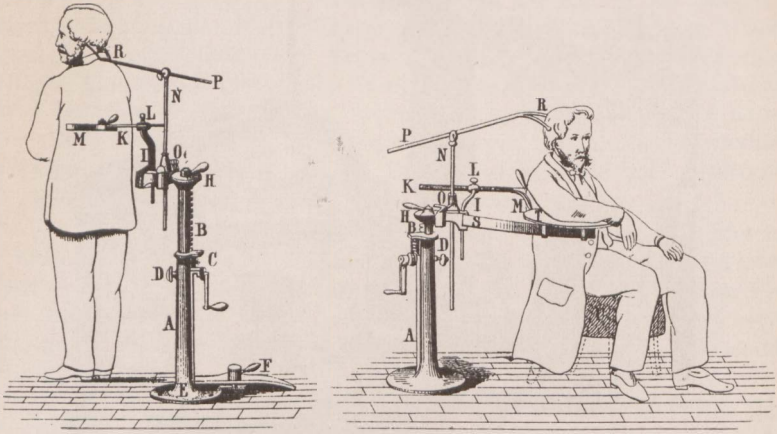


Bild 7 und 8. Kopf- und Körperhalter, die um 1865 benutzt wurden

Ein reizendes Blatt von 1840 lehrt, wie man als ausübender Lichtbildner am besten die lange Belichtungszeit übersteht; die poetische Unterschrift lautet:

Hier schläft ein Claude der neusten Zeit;
Caracci bracht' es nie so weit,
der Poussin war ein Stümper nur,
die pinselten nach der Natur.
Der Maler, der hier schlafend ruht,
das alles mit dem Kasten thut.
Von Pinseln ist hier keine Spur;
Er stellt das Rohr, sieht nach der Uhr
Und wenn vom Schlaf er dann erweckt,
Das Kunstwerk schon im Kasten steckt.
Das Todte sieht man rein und klar,
Doch weh! wenn was beweglich war;
Das schreibt der Daguerrotyp nicht hin,
Das fehlt im Bild und ist nicht drinn.
Ist jetzt nicht die Schlaraffenzeit?
Ja selbst im Schlafe bringt man's weit!

Ein beachtliches Blatt zeigt den Erfinder Daguerre, eine Aufnahme abliefernd, auf welcher der ältliche Hausvater den Nachbarn am

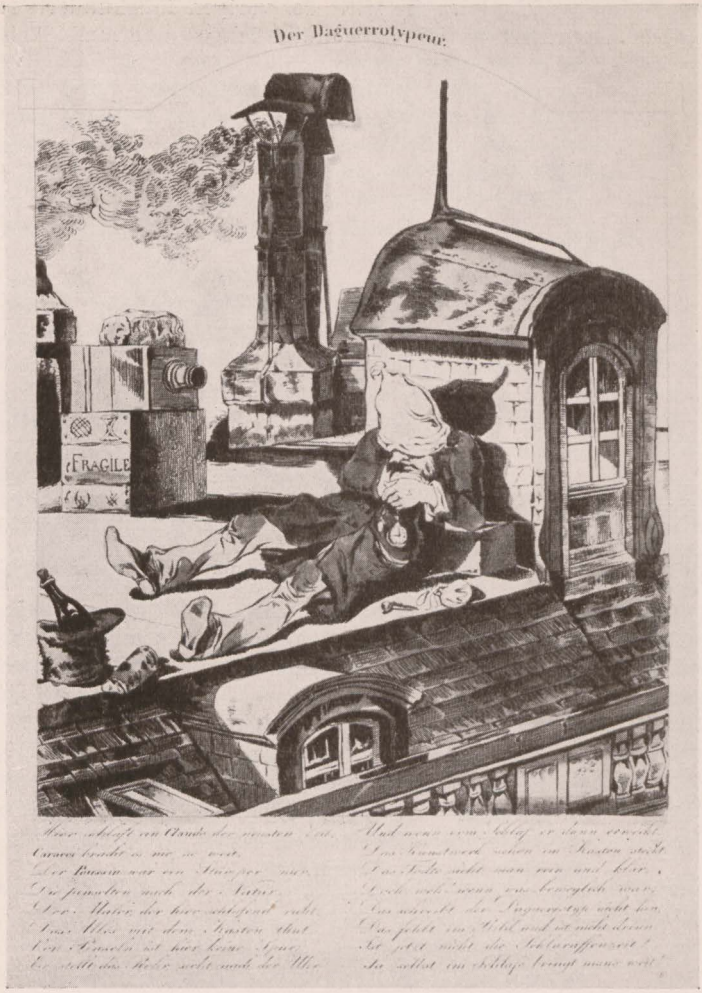


Bild 9. Spottbild auf die lange Belichtungszeit der Daguerreotypie, 1840
(Sammlung E. Stenger)

Fenster seiner jugendlichen Ehefrau entdeckt. „Wie kommt der verdammte Nachbar ans Fenster meiner Gattin? — Ihr Daguerreotyp ist eine Erfindung der Hölle — — . . . Man bringt solche Sachen nicht ans Licht ... es ist eine Beleidigung ... ein Schimpf!"

Talbots Negativ-Positiv-Verfahren

Es ist ein eigenartiges und wohl zeitbedingtes Zusammentreffen, daß auch in England ein Mann mit Erfolg an der Ausarbeitung eines Lichtbildverfahrens arbeitete, zu gleicher Zeit, als die Kunde der Daguerreschen Erfindung die Kulturstaaten durcheilte. Der Physiker *William Henry Fox Talbot* hatte ein Verfahren ausgearbeitet, auf silbersalzhaltigen Papierschichten in der Kamera Negative zu erzeugen und nach ihnen positive Papierbilder zu kopieren. Seine unscheinbaren Ergebnisse konnten gegenüber der Daguerreotypie mit ihren glänzenden, haarscharfen und kontrastreichen Bildern nicht bestehen. Erstrechte, die er geltend machte, konnten nicht anerkannt werden.

Auch in München hatten zwei Gelehrte im Frühjahr 1839 in gleicher Richtung Versuche angestellt, noch ehe die Arbeitsvorschriften Talbots bekannt waren; es waren der Mineraloge *Franz von Kobell* und der Physiker *Carl August von Steinheil,* deren selbstgebaute Kamera und eigenhändige Bildproben in der Schausammlung des Deutschen Museums aufbewahrt werden.

Nur ganz langsam, im Gegensatz zur Daguerreotypie fand das neue Negativ-Positiv-Verfahren Anhänger, hauptsächlich auf Grund der von Talbot selbst veröffentlichten Papierbildersammlungen aus den Jahren 1844/45, welche die ersten photographisch illustrierten Bücher darstellten. Er mußte in diesen Büchern noch darauf hinweisen, daß die Bilder allein durch Lichtwirkung ohne jegliche Hilfe eines Malerpinsels entstanden seien; es handele sich also um reine Sonnengemälde ohne jede Verfälschung.

Die Originalaufnahmen Talbots entbehren nicht eines besonderen Reizes; es handelt sich fast stets um Architekturen und Stilleben, selten um Aufnahmen mit Menschen im Bilde.

Talbots Verfahren, die „Talbotypie", war grundlegend und richtungweisend für die gesamte Weiterentwicklung der Lichtbildnerei. Auch er fand die Entwicklung des unsichtbaren latenten Bildes. Auch er fixierte in Natriumthiosulfatlösung, und seinem Verfahren haftete nur ein grundlegender Mangel an, daß seine Papiernegative eine scharfe Bildwiedergabe nicht zuließen. Dennoch sind nach seinem Verfahren wohl die besten künstlerischen Aufnahmen aller Zeiten entstanden. Ein schottischer Kunstmaler, *Octavius Hill,* gemeinsam mit dem Chemiker *Adamson,* bediente sich des Verfahrens. Seine Bildnisse gelten auch heute noch als unübertroffen.

Die Daguerreotypie hatte reizvolle, nicht kopierbare Metallplattenbilder großer Schärfe geliefert, die Talbotypie schuf Papiernegative geringer Durchlässigkeit, deren Bildschicht unmittelbar auf der Papierfaser saß. Nach solchen Negativen konnten beliebig viele positive Kopien angefertigt werden.

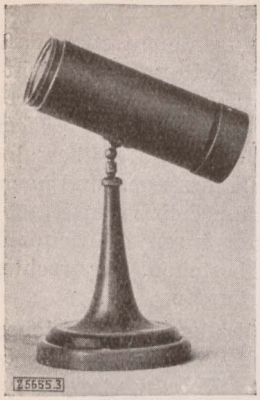


Bild 10. Kamera von Kobell und Steinheil, 1839
(Deutsches Museum, München)

Bild 11. Talbotypie von Hill, 1845
(Sammlung E. Stenger)

Einige Jahre lang war es nicht nur die Modelaune der Lichtbildner, sondern auch das Streben nach Verbesserung und gewissermaßen Glättung der Kopien, daß man diese stark übermalte und den Hintergrund einzeichnete.

Das nasse Verfahren, ein photochemischer Fortschritt

Die Weiterentwicklung der Negativschichten betraf einerseits den Schichtträger, andererseits die lichtempfindliche Schicht selbst.

Es lag nahe, die lichtempfindlichen Silbersalze auf einem durchsichtigen Schichtträger, also auf Glas aufzulegen. Dies war nur dadurch möglich, daß man Glasplatten mit irgendeinem Bindemittel überzog und auf irgendeinem Wege auf oder in diese Schicht die Silbersalze bettete. Solche Versuche gehen in Deutschland schon auf das Jahr 1845 zurück. Die Aufgabe wurde jedoch erst in den Jahren 1850/51 befriedigend gelöst, indem es gelang, als Emulsion das Kollodium zu verwenden, eine Alkoholätherlösung der 1846 von dem Deutschen *Schönbein* dargestellten Schießbaumwolle. Das mit einem Jodsalz versetzte Kollodium wird auf die Glasplatte aufgegossen und bildet nach oberflächlichem Verdunsten der Lösungsmittel eine dünne, leicht verletzliche Haut; durch Baden dieser Bildschicht in einer Silbernitratlösung entsteht in ihr lichtempfindliches Jodsilber. Die Platte wird sogleich, also noch in nassem Zustande, belichtet, unmittelbar darauf entwickelt und fixiert. Dieses „nasse Verfahren", das heute noch in der Reproduktionstechnik verwendet wird, stellte große Anforderungen an die Geschicklichkeit des Lichtbildners, der unmittelbar vor der Aufnahme seine Schicht präparieren, unmittelbar nach der Aufnahme fertigstellen mußte. So war die photographische Aufnahme in jener Zeit stets an das Vorhandensein einer Dunkelkammer gebunden, die der Photograph mit sich führen und an jedem Orte aufstellen mußte, wo er ein Bild aufnehmen wollte. Es entstanden trag- und fahrbare Dunkelkammern der verschiedensten Art, und da man immer in großen Formaten aufnahm, war der mitzuschleppende Ballast umfangreich. Als Beispiel einer photographischen Expedition besonderen Ausmaßes sei erwähnt, daß man im Jahre 1861 fünfundzwanzig Träger brauchte, um die Photomaterialien des nassen Verfahrens auf den Montblanc zu schleppen, wo dann drei Aufnahmen, allerdings großen Formates, zustandekamen.

Auch in München waren leistungsfähige Lichtbildner beheimatet. *Alois Löcherer* hatte 1850 den Transport der Gußstücke der Bavaria im Bilde festgehalten; diese Bilder, auf welchen auch der Erzgießer

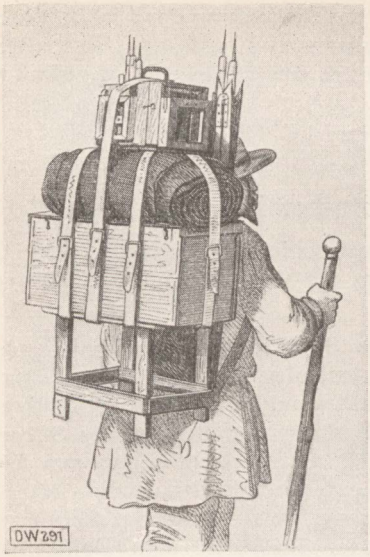


Bild 12. Traglast eines Photographen um 1860 (Apparat, Stativ, Dunkelzelt und Chemikalien)

Ferdinand von Miller zu sehen ist, gehören zu den ältesten „Photoreportagen".

Schöne Münchener Stadtbilder entstanden, von welchen zur Zeit viele in einer Sonderschau

„100 Jahre Photographie in München 1839—1939"

im Historischen Stadtmuseum ausgestellt sind. *Georg Böttger,* ursprünglich Kupferstecher, schuf im Jahre 1858 vom Petersturm aus ein Panorama aus 11 Aufnahmen in einer Länge von etwa 6 Metern. Zu den bekanntesten und verdienstvollen Bildnisphotographen gehörten *Joseph Albert* und *Franz Hanfstaengl.*

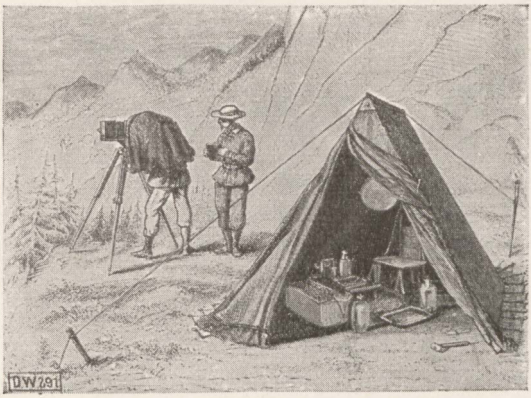


Bild 13. Sein Zelt

Berufsphotographen und Forschungsreisende übten die Photographie in fernen Ländern aus und scheuten nicht die Mühen, Platten von 40 × 50 cm Größe zu meistern. Ein Engländer *Clifford* z. B. stellte 1857 wunderbare Aufnahmen in Guadalajara bei Madrid her und war so stolz auf seine Bilder, daß er jedes einzelne in Künstlerart eigenhändig signierte. Ein französischer Forschungsreisender *Charney* bediente sich in Mexiko, auch im Innern des Landes unter den schwierigsten Verhältnissen der Photographie, um Land und Leute im Bilde festzuhalten.

Bild 14
Die chemischen Behelfe im Zelt

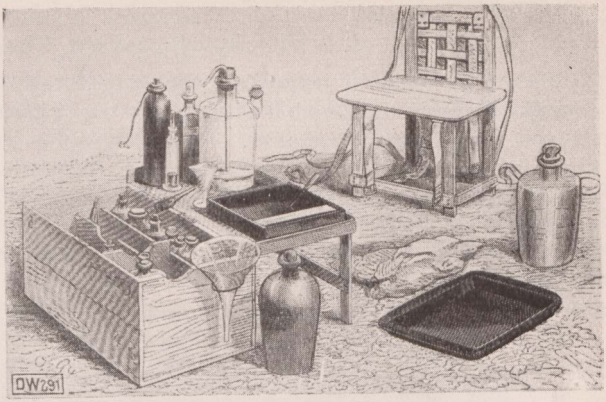


Bild 15. Eine Aufnahme von Charney in Mexiko, 1857, 50×40 cm
(Sammlung E. Stenger)

— Es gibt viele solcher unternehmender Männer, und manche von ihnen arbeiteten mit hohem künstlerischem Einschlag.

Wenn wir auch in jener Zeit noch nicht von einer nennenswerten oder gar verbreiteten Liebhaberphotographie sprechen können, so war man dennoch bemüht, das photographische Gepäck möglichst klein zusammenzufassen. Das Streben, das unvermeidliche photographische Gepäck zu verkleinern, führte 1874 z. B. zum Bau photographischer Fahrräder und 1882 zur Konstruktion eines photographischen Schubkarrens, der den Liebhaberphotographen als ganz besonders

Bild 16. Fahrrad für Photographen, 1874

geeignet, handlich und leicht beweglich, auch auf schmalen Pfaden im Gebirge empfohlen wurde.

Oskar von Miller bediente sich gelegentlich des nassen Verfahrens, als er als Baupraktikant 1879 in Kreuzwertheim einen Brückenbau zu überwachen hatte. Die allmonatlich einzureichenden Fortschrittspläne des Baues ersetzte er durch selbstgefertigte Photographien und hob den Vorteil hervor, daß aus dem Bild nicht nur der Stand der Arbeit am besten ersichtlich sei, sondern daß man auch sähe, daß alle Ingenieure, Werkführer und Arbeiter anwesend seien. Die Photographie kam von der Generaldirektion der bayerischen Verkehrsanstalten mit einem starken Verweis zurück mit der Anordnung, es sei der vorschriftsmäßige Fortschrittsplan einzureichen. — So berichtet Oskar von Miller in seinen Lebenserinnerungen.

Auch in der Zeit des „nassen Verfahrens" ruhte nicht der Spott der Künstler. *Daumier* schuf eine seiner schönsten Steinzeichnungen, in

welcher er den Pariser Schriftsteller und Photographen *Nadar* im Fesselballon darstellt, „die Photographie auf die Höhe der Kunst erhebend". Tatsächlich war Nadar im Jahre 1858 der erste Ballonphotograph und mußte in einer in den Ballonkorb eingebauten Dunkelkammer seine nassen Platten präparieren und entwickeln.

Der künstlerische Hochstand der frühen Photographie begann nach der Erfindung des Visitbildes durch den Franzosen *Disdéri* im Jahre 1854 zu schwinden. Das neue kleine Format brachte zwar den Photographen einen phantastischen wirtschaftlichen Aufstieg, wirkte jedoch derartig ausgleichend und verflachend auf die Bildgestaltung,

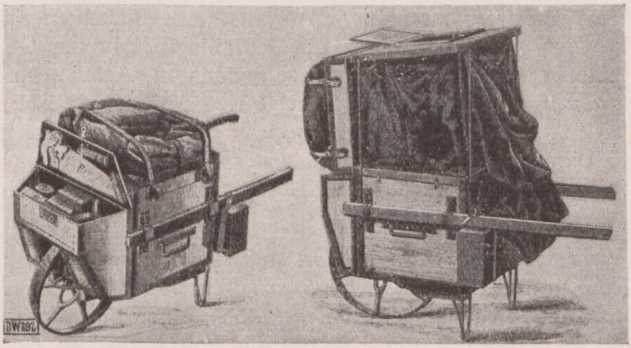


Bild 17. Photokarren, 1882

daß um die Jahrhundertwende die größten Anstrengungen nötig waren, um die Lichtbildnerei wieder zu eigenbewußtem und schöpferischem Schaffen zu führen.

Erweiterte Anwendungsmöglichkeiten durch das Trockenverfahren

Einen entscheidenden Schritt vorwärts tat die Photographie, als die Kollodiumschicht durch die Gelatineemulsion ersetzt wurde. Nach einzelnen schüchternen Versuchen anderer stellte *R. L. Maddox,* ein englischer Arzt, im Jahre 1871 die ersten brauchbaren Bromsilbergelatinenegative auf Glas her. Und da diese neuen Schichten in trockenem Zustand, also in haltbarer Form, belichtet wurden, nannte man sie im Gegensatz zum vorhergehenden nassen Verfahren „Trockenplatten". Es dauerte immer noch fast ein Jahrzehnt, bis fabrik-

mäßig hergestellte Platten dieser Art im Handel käuflich wurden, nur langsam setzte sich die haltbare, fertig käufliche Schicht auch in der Werkstatt des Berufsphotographen durch, das nasse Verfahren verdrängend und seine Arbeit vereinfachend.

Die Liebhaberphotographie, die vorher nur von vereinzelten, besonders begeisterten Leuten und von Forschern in fernen Ländern ausgeübt worden war, wurde möglich und erhielt ihren größten Antrieb durch die Verwendung des leichten und unzerbrechlichen Films als Schichtträger durch den amerikanischen Geistlichen *Hannibal Goodwin* im Jahre 1887.

Deutschland ist maßgebend beteiligt an der Herstellung optischen Glases und am Bau des photographischen Objektivs, dessen Namen in so schönem Einklang zu seiner Aufgabe der objektiven Darstellung steht. Es war *Joseph Fraunhofer,* der 1807 bis 1814 in der Glashütte in Benediktbeuren Glasflüsse der verschiedensten Arten erprobte und gemeinsam mit dem Schweizer *Louis Pierre Guinand* optisch einwandfreies Glas in großen Stücken, besonders geeignet für den Bau astronomischer Linsen, herstellte. *Joseph Petzvals* gut korrigiertes und lichtstarkes Objektiv aus dem Jahre 1841 habe ich schon erwähnt.

München ist ganz besonders mit der Geschichte des photographischen Objektivs verbunden. Hier hat *Carl August von Steinheil* im Jahre 1865 das Periskop und sein Sohn *Adolph Steinheil* im Jahre 1866 den Aplanaten errechnet. Die Verdienste eines *Ernst Abbe,* eines *Carl Zeiss* und eines *Otto Schott* in Jena um die Herstellung von optischen Geräten und optischem Glas sind so bekannt, daß hier die Erwähnung genügt. *Paul Rudolph* ist der Schöpfer des Anastigmaten 1889, einer Objektivart, die sich die ganze Welt erobert hat.

Die Kleinbildkamera, die heute in hohem Maße die Liebhaberphotographie beherrscht und auch Eingang gefunden hat in die Berufsarbeit, vor allem auch in der Hand des Bildberichterstatters unentbehrlich geworden ist, hat von Deutschland aus ihren Siegeszug angetreten. Schon Carl August von Steinheil hatte Ende 1839 die Daguerreotypie mittels einer Kleinkamera eigener Bauart ausgeübt; er eilte den Möglichkeiten jener Zeit voraus, und seine Versuche wurden vergessen. Erst *Oskar Barnack* schuf nach mancherlei Zwischenlösungen anderer eine allseitig brauchbare Bauart, die als „Leica" seit 1924 vorbildlich für viele ähnliche wurde.

Lichtempfindlichkeit der Negativschicht

Doch kehren wir zurück zur photographischen Negativschicht!

Die frühe Photographie krankte trotz aller Erfolge an der Tatsache, daß die Negativschicht nur violett- und blauempfindlich, also gewissermaßen farbenblind war und von farbigen Gegenständen nur die violetten und blauen Anteile wiedergab, während die übrigen Farben des Spektrums, also Grün, Gelb, Orange und Rot keine brauchbare Wirkung auf die Schicht ausübten und zu dunkel wurden. So kam es, daß farbige Vorlagen völlig farbenfalsch im Schwarz-Weiß-Bild erschienen. Die entscheidende Erfindung, diesen urtümlichen Fehler der Negativschichten auszuschalten, gelang dem Deutschen *Hermann Wilhelm Vogel* im Jahre 1873. Durch Anfärben des Bromsilbers mit geeigneten Farbstoffen erzielte er Empfindlichkeit für Grün und Gelb und schuf die ersten orthochromatischen Schichten. Vogel hatte seit 1864 einen staatlichen Lehrstuhl für Photographie am Berliner Gewerbeinstitut, das später in die Technische Hochschule überging. Es war der erste Lehrstuhl für Photographie, nicht nur in Deutschland; er besteht also 76 Jahre innerhalb der 100jährigen Photographie.

Vogels Erfindung befruchtete in ungeahntem Maße die photographische Wissenschaft und Praxis, die heute noch von dieser großen Erfindung zehren. Denn den orthochromatischen Schichten folgten die panchromatischen mit einer Empfindlichkeit für das gesamte Spektrum und weiterhin die ultrarotempfindlichen Schichten, welche Vorgänge sichtbar machen, die dem menschlichen Auge verhüllt sind.

Die Herstellung farbenempfindlicher Negativschichten wirkte sich nicht nur auf die Tonwahrheit der einfarbigen photographischen Abzüge aus, sondern sie bildete auch die Grundlage zur Naturfarbenphotographie. Wir wissen heute, daß Vogels große Erfindung die Vollendung der Photographie einleitete.

Wenn wir die hauptsächlichen Wege verfolgen wollen, welche die Photographie nunmehr nahm, nachdem sie technisch auf einen hohen Stand gebracht war, so müssen wir unser Augenmerk richten einerseits auf die Steigerung der Allgemeinempfindlichkeit und anderseits auf die Ausdehnung der Farbenempfindlichkeit. Es ist unmöglich, in einem zeitlich eng begrenzten Vortrag einen Einblick zu geben in alle Zweige der darstellenden und forschenden Photographie. Einige Beispiele mögen anschaulich machen, was besonders augenfällig die Photographie zu leisten gelernt hat.

Die Steigerung der Empfindlichkeit trotz gleichzeitiger Feinkörnigkeit der Schichten in einem Maße, das alle früheren Erwartungen übertrifft, gestattet, kürzeste Bewegungsvorgänge fest-

zuhalten oder zu analysieren, die weit unter der Grenze des Aufnahme- und Unterscheidungsvermögens des menschlichen Auges liegen. Ohne jedes Hilfsmittel besonderer Art läßt sich z. B. die Bahn des Blitzes bildlich darstellen.

Es ist heute ohne weiteres möglich, schnellverlaufende Vorgänge photographisch in ihre Einzelstufen zu zerlegen, die dann in langsamer Folge betrachtet werden; es gelingt, 80 000 befriedigend durchbelichtete Aufnahmen innerhalb einer Sekunde zu machen. Solche Zeitdehner-Aufnahmen können auch in der Zahl bis zur Millionengrenze in der Sekunde hergestellt werden, wenn wir auf Abstufung im Bild verzichten und uns mit Schattenbildern begnügen. Die Wirkung der Geschosse ist bekanntlich auf diese Weise studiert worden. — Wir erinnern uns der Tatsache, daß Daguerre vor 100 Jahren mit einer $^1/_2$stündigen Belichtungszeit zu arbeiten begann.

Wassertropfen, einmal auf einen nicht imprägnierten und einmal auf den gleichen, aber wasserabstoßend imprägnierten Wollstoff fallend, sind mit einer Bildzahl von etwa 2500 Aufnahmen in der Sekunde aufgenommen [1]).

Kinematographie

Mit diesen Zeitdehneraufnahmen sind wir bereits in das Gebiet der Kinematographie gelangt. — Nach Vorarbeiten, die von Vielen in vielen Einzelheiten geleistet worden waren, hatte der geistvolle deutsche Photograph *Ottomar Anschütz* schon 1878 Bewegungsvorgänge, in 24 Einzelbilder zerlegt, auf Glasplatten aufgenommen und in seinem „elektrischen Schnellseher" in stetiger Wiederholung mehreren Beschauern gleichzeitig vorführen können. Die praktische Ausführungsform der Kinematographie geht hauptsächlich auf *Louis Lumière* in Lyon und das Jahr 1895 zurück. — Das Filmband als Schichtträger hat solche Kurzaufnahmen, in schneller Folge und in beliebiger Zahl aneinandergereiht, möglich gemacht.

Der Begründer der deutschen Kinoindustrie und der verdienstvolle Pionier der Kinematographie in Deutschland ist seit 1896 *Oskar Messter* gewesen, als erfolgreicher Erfinder, Wegbereiter und Gestalter filmtechnischer Belange, der seine Sammlung früher Geräte dem Deutschen Museum gestiftet hat. Auf ihn geht das Wesentliche der bis heute beibehaltenen Bauart des Kinoprojektors zurück. Nicht weniger wertvoll waren Messters Erfindungen zur Ausgestaltung der Aufnahmekamera, der Kopier- und Entwicklungsmaschinen und der Anwendung der Kinematographie auf wissenschaftliche Belange. Es ist fast in Vergessenheit geraten, daß Messter schon im Sommer 1896 begann, den

1) Ein im Forschungslaboratorium der Allgemeinen Elektricitätsgesellschaft in Berlin hergestellter Bildstreifen gab ein anschauliches Beispiel solcher Aufnahmen.

Kinematographen mit dem Phonographen zu kuppeln unter möglichster Übereinstimmung von Bild und Ton. 1903 war durch ihn die schwierige Aufgabe des Nadeltonfilms gelöst, und unter seiner Leitung entstanden bis 1913 etwa 500 sprechende und musizierende Filme.

Das Lichttonverfahren, die lichtempfindliche Filmschicht als Aufzeichner für Schallwellen benutzend, geht auf die Deutschen *Hans Vogt, Josef Massolle* und Dr. *Joseph Engl* und das Jahr 1922 zurück.

Der Zeitdehneraufnahme möchte ich als Gegenstück eine Zeitrafferaufnahme folgen lassen. Der Zeitraffer, im umgekehrten Sinne des Zeitdehners arbeitend, beschränkt sich auf zeitlich beträchtlich getrennte Aufnahmen, die bei normaler Vorführungsfrequenz langsame, für das Auge oft unmerklich ablaufende Bewegungsvorgänge bis zur deutlichen Sichtbarkeit beschleunigen. Oskar Messter kinematographierte 1897 als ersten seiner Kulturfilme erblühende Blumen in dieser Art, die Zeit von 24 Stunden auf eine Minute zusammendrängend [2]).

Mit beiden vorgeführten Kinofilm-Streifen sind dem Auge besondere Vorgänge sichtbar geworden. Auch in anderer Richtung ergänzt mit gleichem Erfolge die photographische Schicht den unzulänglichen menschlichen Gesichtssinn.

Die hochempfindlichen Negativschichten haben die Eigenschaft, schwaches Licht, das nicht mehr auf das Auge einzuwirken vermag, bei verlängerter Belichtungszeit zu addieren und auf diese Weise im photographischen Bilde sichtbar zu machen. Die Astronomie bedient sich dieses Forschungsweges und hält im Bilde fest, was dem Auge stets unsichtbar bleiben würde. Diese addierende Fähigkeit der Trockenplatte führte den Astronomen in die fernsten Gebiete des Weltalls und entschleierte ihm die Rätsel der Nebelgebilde.

Schon die Daguerreotypie hatte der Astronomie Dienste geleistet. Daguerre photographierte im Januar 1839 den Mond, der stets ein dankbares und geduldiges Objekt für den photographierenden Astronomen war. Die erste Aufnahme einer Sonnenfinsternis wurde unter anderen von dem Astronomen *Berkowsky* in Königsberg am 28. Juli 1851 auf einer Daguerre-Platte gemacht.

Photographie im Gebiet nicht sichtbarer Strahlen

Im Gesamtspektrum der elektromagnetischen Wellen ist es nur ein winziger Bruchteil, den das menschliche Auge als Licht empfindet.

2) Auch hier gab ein Bildstreifen einen Überblick über diese Aufnahmetechnik. Die Kulturfilmabteilung der Ufa hatte bereitwilligst einen Ausschnitt aus dem Film „Sinfonie der Wolken" zur Verfügung gestellt.

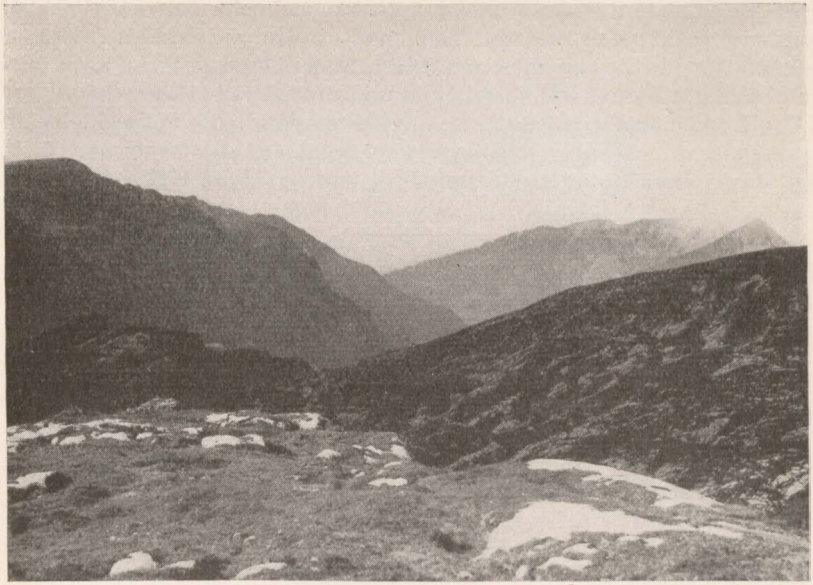


Bild 18. Aufnahme auf gewöhnlicher Negativschicht
E. Stenger, Phot.

Breite Gebiete des Unsichtbaren vermag die photographische Negativschicht zusätzlich festzuhalten und zu erforschen. Einige naheliegende Beispiele mögen angeführt werden.

Die Gebiete außerhalb des sichtbaren Spektrums nach kurzen ultravioletten Wellen hin sind unter Verwendung geeigneter ultraviolett durchlässiger Objektive auf der farbenblinden Negativschicht registrierbar. Zur Entlarvung von Schriftfälschungen und anderem wird z. B. in diesem Gebiete gearbeitet.

Die von *Wilhelm Konrad Röntgen* im Jahre 1895 entdeckten und nach ihm benannten Strahlen starken Durchdringungsvermögens wirken auf die photographische Schicht wie Lichtstrahlen, und geben in der Form von Schattenbildern Einblick in den ungeöffneten lebenden Körper, dienen aber auch zur Untersuchung und Prüfung lebloser Stoffe.

Die röntgenographische Untersuchung alter Gemälde z. B. hat Übermalungen, Ergänzungen und Änderungen sichtbar gemacht, und mancher hochbewertete alte Besitz hat beträchtliche Einbuße erlitten.

Die planmäßige Weitergestaltung der Erfindung H. W. Vogels führte die Farbenempfindlichkeit der Schicht nicht nur für das ganze sichtbare Spektrum herbei, sondern dehnte die Empfindlichkeit sogar aus in die den roten Strahlen benachbarten langwelligen ultraroten

Bild 19. Die gleiche Aufnahme auf Infrarot-Negativschicht

Gebiete der Wärmestrahlen. Solche Aufnahmeschichten, in Deutschland durch die Agfa hergestellt, gestatten sogar Aufnahmen in völliger Augendunkelheit, z. B. bei einer Wärmebestrahlung durch zwei Bügeleisen.

Solche Schichten bewähren sich bei Dunst und Nebel der Großstadt. Sie durchdringen auch den Dunst und Nebel im Hochgebirge und liefern zauberhafte Bilder. Zwei Vergleichsaufnahmen mögen dies beweisen, die erste auf gewöhnlicher Platte ohne Filter, die zweite im gleichen Augenblick auf ultrarotempfindlicher Schicht gewonnen. Architektur- und Landschaftsaufnahmen erhalten Mondscheinstimmung, die grüne Vegetation wird weißlich wiedergegeben. Vergilbte, stockfleckige und unkenntliche Drucke erscheinen fehlerlos im Bild, unleserlich gemachte Schriftstücke werden wieder sichtbar, Schriftfälschungen lassen sich nachweisen; der Briefinhalt läßt sich im geschlossenen Brief feststellen. Unleserliche und unsichtbare Handschriften auf alten Pergamenten, Papyrusblättern werden leicht lesbar, und es wird berichtet, daß der wenig rassebewußte Neger seinen Stolz dareinsetzt, auf der ultrarotempfindlichen Schicht als Weißer zu erscheinen, wodurch ein starker Bedarf an Ultrarot-Schichten in Amerika seine Erklärung finden soll.

Farbenphotographie

Das Streben, naturfarbige Lichtbilder zu erzeugen, ist so alt wie die Photographie selbst. Daguerres Bilder hatten nur in der einen Richtung enttäuscht, daß sie einfarbig waren. Die Geschichte der Farbenphotographie spielt sich pausenlos in engster Verbindung mit derjenigen der Schwarz-Weiß-Photographie ab.

Die unmittelbare Färbung lichtempfindlicher Halogensilberschichten im farbigen Licht führte zu farbenphotographischen Versuchen ohne greifbare Dauererfolge. Die Interferenzfarbenphotographie des *Gabriel Lippmann* im Jahre 1891 erzeugte wohl leuchtendfarbige Bildproben, krankte jedoch an der schwierigen und nicht zwangsläufigen Arbeitsweise und an der Unkopierbarkeit und schwierigen Sichtbarmachung. Das Ausbleichen von Farbstoffgemischen zum naturfarbigen Bild gelangte trotz größten Arbeitsaufwandes nicht zu befriedigenden Ergebnissen.

Für den photographischen Gebrauch hat sich allein bewährt diejenige Art der Farbenphotographie, die auf der Tatsache beruht, daß sich alle Farben durch entsprechende Mischung dreier Grundfarben erzeugen lassen. In der Dreifarbenphotographie besteht die „additive" Bildsynthese in der Mischung von Farbstrahlen zu „weiß", die „subtraktive" in der Mischung von Körperfarben zu „schwarz" als Summe der Mischfarben; im erstgenannten Falle entsteht ein farbiges Projektionsbild, im zweiten Falle ein Projektions- oder Aufsichtsbild.

Erst die Erfindung der Farbensensibilisierung der Negativschichten durch *Hermann Wilhelm Vogel* im Jahre 1873 gab die Möglichkeit der Durchführung der Dreifarbenphotographie. Die durch *Adolf Miethe* gefundenen Orangesensibilisatoren 1903 gaben der additiven Dreifarbenprojektion die größte Förderung. Solche Strahlenbilder werden in der neu aufgebauten photographischen Abteilung des Deutschen Museums gezeigt.

Die additiv arbeitende Farbrasterschicht stellt die Vereinigung der drei Teilfarbenschichten durch Nebeneinanderlagerung mikroskopisch kleiner Farbenfilter in einer Schichtebene dar in der Art, wie es die Mikroaufnahme einer Agfa-Farbrasterschicht zeigt. Leider sind solche Aufnahmen wenig lichtdurchlässig.

Das additiv arbeitende Linsenrasterverfahren, in seinen Grundlagen von *Raphael Eduard Liesegang* in Elberfeld 1896 angegeben, wurde von *Berthon* und anderen in neuerer Zeit ausgearbeitet und durchgeführt, stand als Kodak- bzw. Agfafilm der Amateurkinematographie zur Verfügung und wurde seit 1936 auch der farbigen Projektion im Kino-

theater durch die Firma Siemens und Halske in Berlin auf Perutz-Film versuchsweise zugeführt.

Heute beherrscht das chemische Dreischichtenverfahren die Farbenphotographie des Durchsichtsbildes. Es geht auf Arbeiten des Dr. *Rudolf Fischer* in Berlin, 1910 bis 1914 zurück, wurde von den Firmen Kodak seit 1935 und Agfa seit 1936 für naturfarbige Kleinbildphotographie und auch für Schmalfilmkinematographie in den Handel gebracht. Es bedeutet eine Umwälzung in den gesamten naturfarbenphotographischen Belangen.

Drei, für die verschiedenen Farbengebiete sensibilisierte und durch eine Farbfilterschicht getrennte Emulsionsschichten befinden sich auf einem einzigen Schichtträger, der im Agfa-Film insgesamt mit 7 aufeinandergelagerten Schichten in der Gesamtdicke von $^1/_{50}$ mm überzogen ist. Nach der Belichtung ohne Filter und ohne besonderes Zubehör in der gewöhnlichen Kamera und nach der Hervorrufung zum Negativ wird das übriggebliebene Halogensilber in der einfachen Arbeitsweise der Agfacolor-Filme in einem einzigen Entwicklungsgang in das positive Farbstoffbild umgewandelt, bestehend aus drei entsprechenden, je in einer der Schichten entstehenden und dort bildmäßig festliegenden Farbstoffen. Nach Entfernung des gesamten Silbers bleibt ein reines Farbstoffbild großer Lichtdurchlässigkeit im Sinne des subtraktiven Bildaufbaues übrig. In diesem Verfahren hat die organische Farbstoffchemie außerordentliche Schwierigkeiten überwunden und zu einem Ergebnis verholfen, das dank seiner grundsätzlichen Vorzüge berufen ist, den endgültigen Weg der Farbenphotographie zu zeigen. Die Leuchtkraft der Bilder ist besonders groß, da es sich um reine Farbstoffbilder handelt. Es wird wohl bald der Zeitpunkt eintreten, an dem diese Filme auf Papier kopierbar sein und in der zur Zeit vorliegenden oder einer ähnlichen Form durch ihre Kopierbarkeit auch als Spielfilme im Kinotheater Eingang finden werden.

Schlußwort

Ich bin am Schlusse meiner Ausführungen angelangt, die nur einzelne hauptsächliche Punkte aus der Entwicklungsgeschichte der Photographie und allen ihren Zweigen schildern konnten. Am Anfang dieser Entwicklungsgeschichte stand ein Deutscher, *Johann Heinrich Schulze,* der als erster bewußt die Lichtempfindlichkeit der Silbersalze zur Schaffung vergänglicher Kopien benutzte; die Krönung der Erfindung verdanken wir *Hermann Wilhelm Vogel,* der mit seiner Erfindung der Sensibilisierung der Photographie die zweite Hälfte des Lichtes geschenkt hat und auch die Farbe. Die photographische Erschließung

von dem Auge unsichtbaren Gebieten und die Leistungen der Naturfarbenphotographie gehören zur Vollendung seiner Erfindung. Gelegentlich der Hundertjahrfeier der Photographie ist es unsere Pflicht, dieser deutschen Männer und der deutschen Mithilfe, der deutschen Arbeitsleistung und Erfindertätigkeit in Dankbarkeit zu gedenken.

Die Allmacht der Photographie weiß nur derjenige zu schätzen, der an Hand der Entwicklungsgeschichte ihr weitverzweigtes, segensreiches Wirken verfolgt. Denn

Die Photographie ist
Darsteller, Helfer und Forscher.
Sie hält die Erscheinung fest,
Wie der Buchdruck das Wort.

Der dem Heft beigefügte Farbendruck, der von der I. G. Farbenindustrie A. G., Agfa, liebenswürdigerweise zur Verfügung gestellt wurde, gibt eine Farbenaufnahme wieder, die auf Agfacolor-Kunstlichtfilm gefertigt, ein ausgezeichnetes Beispiel für die Leistungsfähigkeit des neuzeitlichen Negativmaterials für Farbenphotographie ist. Der Agfa sei für diese Spende auch an dieser Stelle bestens gedankt.

Der Verfasser und die Herausgeber.

Aus dem Deutschen Museum

Neugestaltung der Abteilung „Photographie"

Aus Anlaß des hundertjährigen Jubiläums der Photographie wurde die Photographische Abteilung des Deutschen Museums, die bisher im 3. Stockwerk des Sammlungsbaues untergebracht war, in andere Räume verlegt. Die völlig neugestalteten Säle, die gegenüber den früheren die vierfache Grundfläche aufweisen, sind in ihrer formschönen Ausstattung unserer Zeit angepaßt und geben dem heute so wichtigen Gebiet einen ansprechenden Rahmen.

Schon der erste Saal, der Ehrenraum, weist den Besucher auf die Bedeutung der Anfänge der Lichtbildtechnik hin. Das Deutsche Museum als Sammelstätte von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik sieht eine seiner wesentlichen Aufgaben darin, den wertvollsten Originalapparaten einen besonderen Platz einzuräumen und auf diese Weise das Andenken der Schöpfer solcher Werke lebendig zu erhalten. Neben den Originalgeräten und Bildproben von Daguerre, Talbot, Steinheil, Petzval, Voigtländer schmücken diesen Ehrenraum auch die Bildnisse dieser Pioniere der Photo-

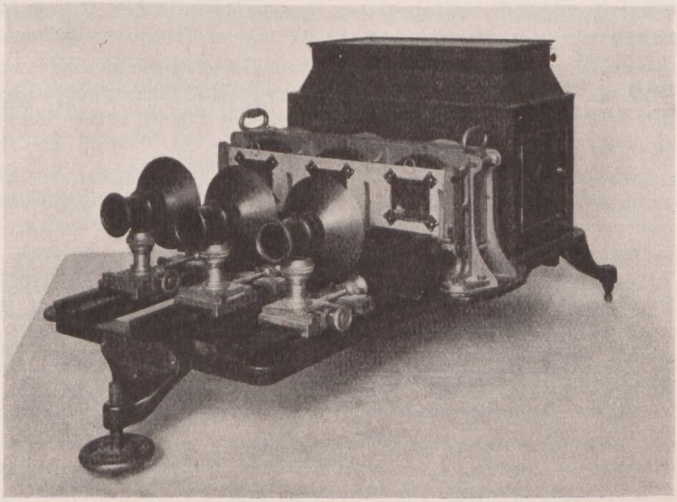


Bild 1. Projektionsapparat für Dreifarbenphotographie von C. P. Goerz nach Professor Dr. A. Miethe

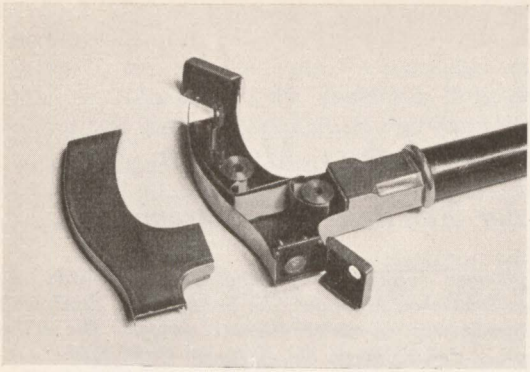


Bild 2. Geheimkamera im Spazierstock, um 1880

graphie. Eine Büste H. W. Vogels, des Entdeckers der Sensibilisierung photographischer Schichten, wurde durch die Deutsche Gesellschaft für Photographische Forschung bei deren Jahrestagung Ende Mai 1939 dem Museum als Stiftung übergeben. Die Pultschränke in der Saalmitte bergen wertvolle Daguerreotypien und Beispiele weiterer Verfahren der früheren Photographie. Sie geben Zeugnis vom hohen künstlerischen Stand vieler Arbeiten dieser Zeit.

Entsprechend der Darstellungsweise des Deutschen Museums sind in den anschließenden Räumen die Entwicklungsstufen der einzelnen Gebiete näher behandelt.

Zunächst erinnern zwei hübsche Modelle daran, daß der Atelierphotograph um 1860 mit Kopfstützen und gemalten Hintergründen arbeitete und der Landschaftsphotograph sein Entwicklungszelt mit allem Zubehör mitführen mußte.

Ein Raum für die grundlegenden optischen Demonstrationen gibt dann Aufschluß über die Lochkamera, die Linsenkamera, den Strahlengang, die Brennweite, die Lichtstärke, die Scharfeinstellung, die Blende sowie über optische Abbildungsfehler und ihre Behebung.

Nun betritt man einen großen Raum, der die Entwicklung der photographischen Apparate, der Objektive, der Verschlüsse und wichtiger Zubehörteile zeigt. Von der großen Atelierkamera mit dem „Kanonenrohr" bis zur Geheim- und Kleinkamera verfolgt man die lange Reihe der Kasten-, Balgen-, Spiegelreflex-, Flugzeug- und Filmkameras. Durch vergrößerte betriebsfähige Modelle, z. B. von verschiedenen Verschlüssen oder einem Entfernungsmesser, wird das genauere Studium solcher Einrichtungen erleichtert. Außerdem geben Schnittdarstellungen oder die Ausführung von Gehäusen in Plexiglas Einblick in die Wunderwerke der Feinmechanik und Optik.

Als nächsten Abschnitt finden wir die Negativ- und Positivverfahren dargestellt.

Von dem alten „nassen Verfahren" bis zum Umkehrprozeß sind die wichtigsten Fortschritte in einem Dunkelraum erläutert. Auch zeigen Vergleichsaufnahmen je an einem Negativ und einem Diapositiv die Verbesserung der Schichten bezüglich der farbwertrichtigen Wiedergabe, des Lichthofschutzes und ähnliches.

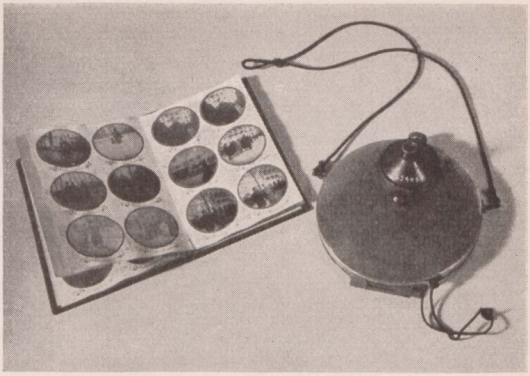


Bild 3. Knopflochkamera von C. P. Stirn, 1886

Im Positivraum sehen wir die verschiedenen Kopierverfahren, sei es für Auskopier- oder Entwicklungspapiere. Von Mustereinrichtungen ist ein Entwicklungstisch für Einzelbehandlung und eine Tank-Entwicklungsanlage zu nennen. Auch einige Darstellungen über die Sensitometer, z. B. die Vorrichtung von Scheiner und die DIN-Apparatur, sind hier aufgestellt.

Der folgende Saal bringt die Sondergebiete der Photographie und umfaßt Mikro-, Ultra-, Röntgen- und Stereophotographie sowie Reproduktionsgeräte.

Man sieht ältere und neuere Mikrokameras und die damit hergestellten Photographien. Aufschlußreich sind Vergleiche von gewöhnlichen Aufnahmen mit Ultraviolett- und Ultrarotbildern, vor allem bei Gebirgsaufnahmen. Über die Röntgenphotographie und ihre Hilfsmittel sind grundlegende Erläuterungen und eine Auswahl besonders typischer Bilder von Mensch, Tier und Pflanze, daneben auch von Materialprüfungen zu finden. Schließlich ist die Stereoskopie durch Aufnahme- und Betrachtegeräte verschiedener Bauart und Proben aus den einzelnen Epochen der Photographie vertreten.

Neben den Reproduktionsgeräten, die besonders im graphischen Gewerbe weitestgehende Anwendung finden, sind auch Photographierautomaten wie „Bosco" und „Photomaton" zu erwähnen.

Der letzte Saal ist der Farbenphotographie gewidmet. Da, abgesehen von einigen hier ausgestellten Spezialkameras, die Aufnahmeapparate die gleichen sind wie bei der Schwarzweißphotographie, so ist in diesem Raum das Hauptgewicht auf die Farbenbilder selbst gelegt. Die Wände sind für die Anbringung von Aufsichts- und Durchsichtsbildern eingerichtet und zeigen auch hier aus der Fülle der Verfahren kennzeichnende Proben, beginnend mit dem handkolorierten Porträt, abschließend mit dem farbigen Bild auf Kinofilm. Um die Durchsichtsbilder besonders zur Geltung zu bringen, sind außerdem Projektionseinrichtungen aufgestellt, die sowohl die Miethe schen Dreifarbenbilder als auch die Kornraster- und chemischen Mehrschichtenverfahren praktisch vorführen lassen. Ein großer Stammbaum der Farbenphotographie soll abschließend einen Überblick über die Wege geben, die von der indirekten Farbenphotographie bisher beschritten wurden.

Es sei noch vermerkt, daß das Deutsche Museum bei der Ausgestaltung der seit 7. Mai 1939 der Öffentlichkeit zugänglichen neuen Räume wiederum in dankenswerter Weise von vielen Seiten freundliche Unterstützung gefunden hat. Sowohl beträchtliche Geld- und Sachstiftungen als auch die nicht minder wertvolle Hilfe bei der Ausarbeitung haben es ermöglicht, der Photographie im Rahmen der Sammlungen des Deutschen Museums einen würdigen Platz zu verschaffen.

Th. Conzelmann.

Aus „Zeitschrift für angewandte Photographie" I, 3, 1939, Verlag S. Hirzel, Leipzig.

Das Fahrrad und seine Entwicklung

Von *Ludwig Croon VDI,* Hannover *)

Nach einer vorsichtigen Schätzung sollen heute in Deutschland etwa 18 Millionen Fahrräder benutzt werden, d. h. daß etwa jeder fünfte Einwohner ein Fahrrad besitzt. Diese Zahl zeigt deutlich, daß das Fahrrad unter den heutigen Verkehrsmitteln den ersten Platz einnimmt, von dem es auch nicht durch den im Anmarsch befindlichen Volkswagen verdrängt werden wird, da diesem im Verkehr ganz andere Aufgaben zugewiesen sind als dem Fahrrad.

Das Fahrrad hat heute eine etwa 125jährige Geschichte hinter sich. Es hat sich entwickelt aus der Idee eines Eigenbrötlers zu einem Sportfahrzeug, und aus diesem zu dem wichtigen Verkehrsmittel, das wir heute aus dem Straßenverkehr nicht mehr hinwegdenken können. Diese Entwicklung war allerdings erst möglich, als auch der Straßenbau so weit fortgeschritten war, daß das Fahren auf denselben nicht mehr zu einer Strapaze wurde. Nicht mit Unrecht hat man den früheren Fahrrädern den Namen „Knochenschüttler" gegeben; denn auf den unebenen Straßen mit vielen Schlaglöchern wird die Benutzung eines wenig oder garnicht gefederten Fahrrades nicht gerade zu den Annehmlichkeiten des Lebens gehört haben. Sieht man heute dagegen ein Fahrrad mit guter Federung und Ballonreifen auf einem der neuzeitigen Radwege, so wird man ohne weiteres erkennen, daß das Fahrrad sich nur im Zusammenhang mit der Verbesserung des Straßenbaues entwickeln konnte.

Vorläufer

Es hat zu allen Zeiten Menschen gegeben, die aus einer gewissen Eitelkeit heraus das Bestreben hatten, sich vor ihren Mitmenschen hervorzutun, irgend etwas besser zu können als andere, und zwar mußte dies in aller Öffentlichkeit gezeigt werden. Und was war wohl besser hierzu geeignet, als mit einem Gefährt ohne tierischen oder sonstigen Vorspann durch die Stadt zu fahren? Hierdurch konnte man die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich lenken und war ein berühmter Mann. Uns ist eine ganze Reihe derartiger Fahrzeuge bekannt, von denen nur einige erwähnt seien. So schreibt der Franziskanermönch *Roger Bacon* im 13. Jahrhundert: „Ebenso können Wagen hergestellt

*) Der Verfasser ist Oberstudiendirektor der Städt. Ingenieurschule in Hannover.

werden, die von keinen Tieren gezogen werden und mit einer unglaublichen Gewalt dahinfahren, wie wir es von den Sichelwagen der Alten hören." Und um 1420 zeichnet der Italiener *Giovanni Fontana* aus Padua ein vierrädriges Gefährt, das von seinem Insassen durch Seilzug, der über Laternenräder und ein Zahnräderpaar auf die Vorderachse wirkt, in Bewegung gesetzt werden soll. Schließlich sei noch auf *Albrecht Dürer* hingewiesen, der in seinem Werke „Kaiser Maximilians des Ersten diss namens hochlöblichister Triumpf" mehrere Prachtwagen zeichnet, die auf die verschiedenste Weise durch Hebel, Laternen- und Zahnräder von Landsknechten in Bewegung gesetzt werden. Alle diese und ähnliche Konstruktionen standen allerdings nur auf dem Papier.

Daneben hören wir auch von tatsächlich ausgeführten Wagen. So w o l l t e 1504 ein Bürger der Stadt Pirna einen „selzamen Wagen mit Rädern und Schraubengezeug machen; der sollte ohne Pferd, so einer darauf saß und schraubete, für sich fahren". Er wollte auch mit diesem Wagen nach Dresden fahren, blieb aber im Straßendreck stecken.

Zu einer gewissen Berühmtheit gelangte ein vierrädriger Prunkwagen, „welcher zu Nürnberg im 1649. Jahr ist gemacht worden von einem Meister des Zirkelschmieds-Handwerks namens *Hans Hautsch.* seines Alters 54 Jahr, welcher also frei gehet, wie er da vor Augen steht, und bedarf keiner Vorspannung wie ein anderer Wagen, weder von Pferden, Ochsen oder anders". Das gesamte Triebwerk einschließlich der dieses bedienenden Leute war im Innern des Wagens versteckt angeordnet, um damit den Anschein zu erwecken, daß der Wagen durch ein „Uhrwerck" angetrieben würde. Über die für die damalige Zeit ganz bedeutende Leistungsfähigkeit dieses Wagens hören wir: „So kann man den Wagen lenken, wo man will, auf die recht oder link Seit, hindersich oder fürsich, berg oder Tal, wie er dann unterschiedlich mal zu Nürnberg die Festung hinauf und wieder herab gefahren, auch zum Tiergärtner Tor hinaus, um die Festung herum, und zum Lauffer Tor wieder herein, und geht solcher Wagen in einer Stund 2 tausend Schritt, man kann still halten, wann man will, und ist doch alles von Uhrwerck gemacht." Als der schwedische Kronprinz *Karl Gustav* im folgenden Jahre bei seinem Besuch in Nürnberg diesen Wagen sah, kaufte er ihn für fünfhundert Reichstaler und ließ ihn später als besondere Sehenswürdigkeit in seinem Krönungszuge mitfahren. Einen zweiten Wagen baute Hautsch für den König von Dänemark.

Etwa um dieselbe Zeit, um 1655, baute sich, wahrscheinlich angeregt durch die Erfolge des Wagens von Hautsch, der Uhrmacher *Stephan Farffler,* der seit seinem dritten Lebensjahre gelähmt war und in Altdorf bei Nürnberg wohnte, kleine drei- und vierräderige Wagen für seinen persönlichen Gebrauch, um damit zur Kirche fahren zu können. Die Wagen waren nur so groß, daß Farffler gerade darin Platz fand.

Bild 1
Stephan Farffler mit seinem dreirädrigen Wagen um 1655

Der Antrieb erfolgte durch Handkurbeln mit Zahnrädern auf die Vorderachse. Diese Wagen sind noch heute in der Stadtbibliothek zu Nürnberg zu sehen.

In der Folgezeit entstanden ähnliche Wagen, die durch Menschenkraft angetrieben wurden bzw. angetrieben werden sollten, aber die Tücke der damals oft sehr schlechten Straßen verhinderte meistens ihre Benutzung.

Von den vielen Bauarten sollen als besonders bemerkenswert noch die sogenannten Parkwagen hervorgehoben werden, die gegen Ende des 18. Jahrhunderts vielfach benutzt wurden und von dem französischen Arzt *Elie Richard* in La Rochelle erfunden sein sollen. Der Antrieb erfolgte durch einen hinter dem Sitz stehenden Diener durch Tretkurbeln. Außerdem war ein Sperrmechanismus angebracht, der als ein Vorläufer des Freilaufs unserer Fahrräder angesehen werden kann. Ein solcher Wagen befindet sich auch im Deutschen Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik in München.

Hier sei ein Kuriosum eingeschaltet. Im Jahre 1844 berichtet das „Hannoversche Volksblatt" von einer sogenannten „Pedomotive", „welche auf der Eisenbahn durch die Passagiere durch Trittbretter in Bewegung gesetzt wird. Die Maschine ist aus Gußeisen, wiegt 270 Pfund, faßt 4 bis 6 Passagiere, von denen nur zwei die Fortbewegung besorgen. Zur Vermittlung zwischen zwei Eisenbahnstationen würde sie sehr zweckmäßig sein, da sie bei jedem vorkommenden Hindernis unterwegs leicht durch die Passagiere selbst aus den Schienen gehoben werden kann".

Ein Wagen, der von den Insassen selbst durch Handkurbeln in Bewegung gesetzt wurde, rollte auch im Jahre 1814 während des Kon-

gresses durch die Straßen Wiens. Ein Augenzeuge berichtet: „Auf einmal lief das Volk dem Schweizerhofe zu. Plötzlich rollte ein schöner, vierrädriger, offener Wagen, ohne Bespannung zum Tor hinaus und fuhr mit außerordentlicher Schnelle über den Burg- und Michaelerplatz. In demselben saßen zwei Personen, welche den Wagen dirigierten. Ein hier anwesender Mechaniker hat denselben erfunden und hofft, in Wien einen Käufer zu finden. Nach seiner Ankündigung können denselben zwei Menschen durch Ebene und Hügel nach Gefallen rechts, links oder umwenden. Es gewährte auf jeden Fall einen ganz besonderen Anblick, einen Wagen, vor dem keine Pferde gespannt sind, so schnell dahin rasseln zu sehen." Der Erbauer dieses Wagens war der badische Forstmeister *Karl von Drais, Freiherr von Sauerbronn.*

Die Laufmaschine

Die Hoffnung, diesen im Jahre 1813 erbauten Wagen in Wien verkaufen zu können, hatte sich nicht erfüllt. Als Drais in seine badische Heimat und nach Mannheim zurückgekehrt war, gingen seine Gedanken dahin, einen ganz einfachen Apparat zur schnellen Fortbewegung zu finden. Der Erfolg war die sogenannte Laufmaschine, die wir als die Urform unseres heutigen Fahrrades betrachten können.

Karl von Drais wurde am 29. April 1785 zu Karlsruhe geboren als Sohn eines badischen Hof- und Regierungsrates. Als solcher mußte er den damaligen Anschauungen entsprechend einen „standesgemäßen" Beruf einschlagen. Er studierte zunächst Forstwissenschaft, machte dann eine größere Forschungsreise nach Brasilien mit und wurde nach seiner Rückkehr Forstmeister, später Offizier und Kammerherr. Aber seine Neigungen galten anderen Zielen, sie waren auf das Technische gerichtet; er fing zunächst an zu basteln und konstruierte später verschiedene neue Apparate, die, soweit wir heute übersehen können, mit großem Geschick ausgeführt waren, mit denen er aber keinen nennenswerten äußeren Erfolg erringen konnte. Zu nennen wäre eine Fleischhackmaschine, eine Tastenschreibmaschine (sie hatte 25 Buchstaben (1829), später wurde das Abc von ihm auf 16 Buchstaben vereinfacht), ein Höhenperspektiv (Periskop. 1820), eine Rauchableitung (1833), ein Tageslichtreflektor für dunkle Räume und anderes.

Im Jahre 1813 hatte er den oben erwähnten vierrädrigen Wagen konstruiert, den er 1814 in Wien vorführte. Aus dem gleichen Gedanken heraus, einen einfachen Apparat zur schnellen Fortbewegung zu bauen, entstand im Jahre 1817 die Laufmaschine. Sie bestand aus einem hölzernen Gestell mit zwei einspurig laufenden, etwa gleich großen Holzrädern, von denen das vordere im Gestell drehbar war. Der gepolsterte Sattel befand sich auf dem Gestell zwischen den beiden Rädern, vor demselben war ein ebenfalls gepolsterter Bügel zum Auf-

stützen der Unterarme angebracht. Das Lenken erfolgte bei der ältesten Konstruktion mit Hilfe dieses Bügels, später durch eine besondere Lenkstange. Die Fortbewegung geschah in der Weise, daß man sich mit den Füßen vom Erdboden abstieß. Zum Schutze wurden an die Schuhspitzen eiserne Schutzkappen aufgeschraubt.

Drais erhielt für seine Erfindung am 12. Januar 1818 ein badisches Erfindungspatent auf zehn Jahre. Im gleichen Jahr wurde ihm als Anerkennung für seine Leistung der Titel „Professor für Mechanik" verliehen. Ebenfalls noch im Jahre 1818 nahm in seinem Auftrag der Franzose *Dineur* das französische Patent; das gleiche geschah in demselben Jahre durch *Johnson* in England und im folgenden Jahre durch *Clarkson* in New York.

Bild 2. Karl von Drais auf seiner Laufmaschine, 1817

„Die Erfindung", so schreibt Drais, „ist in Absicht auf Ersparung der Kraft fast ganz mit der alten der gewöhnlichen Wagen zu vergleichen. So gut ein Pferd auf der Landstraße im Durchschnitt die auf einen verhältnismäßig wohl gearbeiteten Wagen geladene Last viel leichter samt dem Wagen zieht, als ohne ihn die Ladung auf dem Rücken trägt, so gut schiebt der Mensch sein eigenes Gewicht viel leichter auf einer Maschine fort, als er es selbst trägt." — Beim Gehen hat der Mensch unbewußt dadurch eine ziemlich erhebliche Arbeit zu leisten, daß bei jedem Schritt das Körpergewicht etwas gehoben und wieder gesenkt werden muß. Dazu kommt noch bei jedem Schritt eine seitliche Verlagerung des Körpergewichtes von einem Stützbein auf das andere. Weit größer noch ist die zu leistende Arbeit beim Laufen, da hierbei beide Beine gleichzeitig vom Erdboden gelöst sind, und der ganze Körper zeitweilig in der Luft schwebt. Es muß also bei jedem Schritt

der Körper von dem einen Bein in die Höhe geschnellt und von dem anderen Bein wieder abgefangen werden. Diese Arbeit fällt bei Benutzung der Laufmaschine fort, da das Körpergewicht in seiner Höhenlage nicht geändert wird. Der Fahrende braucht also nur so viel Kraft aufzuwenden, wie zum Vorwärtsschieben der Last erforderlich ist, wobei lediglich die nur verhältnismäßig geringe rollende Reibung der Räder zu überwinden ist. Außer diesem großen Vorteil, daß das Fahrzeug durch geringe Muskelarbeit des Fahrenden in Bewegung gesetzt und erhalten werden kann, kommt als weiterer hinzu, daß sich hierbei der Fahrende auf einem lenkbaren, zweirädrigen und einspurigen Fahrzeug im Gleichgewicht erhalten kann. Hierdurch unterscheidet sich die Laufmaschine von den bereits seit etwa 1790 benutzten französischen célérifères. Bis zu einem gewissen Grade könnte man mit der Laufmaschine auch unser heutiges Kinderspielzeug, den Roller, vergleichen, das kleine niedrige Fahrgestell, das wir bereits in der Hand eines Knaben auf einem römischen Sarkophag aus dem 2. Jahrh. nach Zeitwende (im Nationalmuseum in Rom) dargestellt finden, und das auch in mittelalterlichen Darstellungen wiederholt auftritt, z. B. auf einer Zeichnung von *Breu* aus dem Jahre 1515.

Obwohl Drais eine ganze Reihe seiner Laufmaschinen gebaut und auch verkauft hat, haben sie sich als Beförderungsmittel nicht allgemein eingeführt. Dies hat einmal seinen Grund wohl darin, daß das Fahren mit einem ungefederten Fahrzeug auf den damals noch ungepflegten und holprigen Straßen keine reine Freude gewesen sein wird, anderseits darin, daß Drais sich nicht dazu verstanden hat, an der ursprünglichen Bauart irgendeine Verbesserung vorzunehmen, obwohl er selbst seine Laufmaschine stets benutzte, und deren Mängel selbst am eignen Leibe spüren mußte. Denn fast täglich sah man ihn auf seiner Laufmaschine durch die Straßen Karlsruhes fahren, um ihre Eignung öffentlich zu zeigen. Auch größere Fahrten hat Drais mit seiner Laufmaschine ausgeführt, so fuhr er z. B. von Karlsruhe bis an die französische Grenze bei Straßburg in der kurzen Zeit von vier Stunden, wollte er doch hierdurch die Schnelligkeit und die Brauchbarkeit seiner Erfindung für militärische Zwecke nachweisen. Irgendwelchen geldlichen Erfolg konnte Drais mit seiner Erfindung nicht erringen, wohl aber das Gespött seiner Mitbürger, namentlich der Schulbuben. Wenn er in seiner abgetragenen Forstmeisteruniform, grünem Frack mit goldenen Knöpfen, schwarzer Hose, einem schäbigen Käppi auf dem Kopfe, mit seiner Laufmaschine durch die Straßen hoppelte, liefen die Kinder heulend und johlend hinter ihm her. Da er auch später einem Trunke nicht abgeneigt war, kam es häufig zu unliebsamen Zwischenfällen. So war er z. B. im Jahre 1835 mit einem englischen Kunstreiter, der sich über die Laufmaschine lustig gemacht

hatte, in heftigen Streit geraten, der schließlich in Tätlichkeiten ausartete. Die Folge davon war, daß Drais wegen seines „geistesverwirrten und anstandswidrigen Betragens" die Kammerherrnwürde entzogen wurde. In den Jahren 1848 und 1849 wurde er häufig, wenn er am Rathause in Karlsruhe vorbeifuhr, von der dort befindlichen Wache zu einem Schoppen eingeladen; als Gegenleistung mußte er dann die von dem Portal zur Straße hinabführende Treppe auf seinem Fahrzeug hinunterfahren, wobei es dann regelmäßig zu dem sprichwörtlich gewordenen „Salto portale" kam.

So ging es mit Drais geistig und wirtschaftlich immer mehr bergab. Verarmt und verkommen starb er in Karlsruhe am 10. Dezember 1851. Dort wurde ihm im Jahre 1893 vom Deutschen Radfahrerbund ein Denkmal gesetzt.

Ein etwas größerer Erfolg war der Draisschen Erfindung in England beschieden. Hier hatte im Jahre 1818 der oben erwähnte Kutschenmacher *Denis Johnson* das Patent genommen und sich auch tatkräftig für die Einführung des neuen Beförderungsmittels eingesetzt. Bereits im Jahre 1819 brachte er eine besondere Bauart der Laufmaschine für Damen heraus. Im Jahre 1820 wurden Laufmaschinen versuchsweise für die Landpostbestellung eingeführt. Trotz der englischen Sportbegeisterung, die sich sofort des neuen Verkehrsmittels bemächtigte, und trotz mancher Verbesserungen (z. B. hatte *Gompertz* 1821 den Antrieb durch Handhebel und Zahnstange versucht) konnte von einer allgemeinen Einführung der Laufmaschinen keine Rede sein. Es ist daher nicht zu verwundern, daß das „hobby-horse" bald wieder in Vergessenheit geriet. Ähnlich ging es auch in Amerika. Selbst die hier, wie auch in England eingerichteten „Fahrschulen" hatten es nicht vermocht, dem neuen Fahrzeug allgemeinen Eingang zu verschaffen.

Die ersten Verbesserungen

Die Tragik bei der Draisschen Erfindung bestand darin, daß er zäh und verbissen an der ursprünglichen primitiven Bauart festhielt. Es mußte daher anderen vorbehalten bleiben, die Laufmaschine so umzugestalten, daß sie für den allgemeinen Gebrauch zweckentsprechender wurde. Die erste dieser Neuerungen war die Tretkurbel, die zunächst einfach an der Vorderachse angebracht war. Diese Verbesserung soll zuerst ein gewisser *Milius* in Themar (Sachsen-Meiningen) im Jahre 1845 ausgeführt haben, ohne daß sie allerdings allgemein bekannt wurde. Es ist eine eigenartige Tatsache in der Geschichte des Fahrrades, daß fast alle Verbesserungen zwei-, ja zuweilen dreimal erfunden werden mußten, bevor sie allgemein angewendet wurden. Der zweite, der eine Tretkurbel an der Vorderachse der Laufmaschine anbrachte,

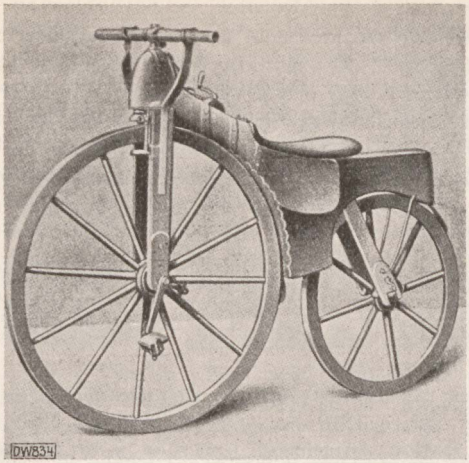


Bild 3. Fahrrad von Philipp Moritz Fischer mit Tretkurbel, 1853

war der Mechaniker *Philipp Moritz Fischer* in Schweinfurth. Er fuhr bislang auf seinen „Geschäftsreisen" eine Draissche Laufmaschine und kam im Jahre 1853 auf den Gedanken, ihre Benutzung durch den Einbau einer Tretkurbel günstiger zu gestalten. Obwohl er diese verbesserte Laufmaschine, die man nun wohl bereits als „Fahrrad" bezeichnen kann, dauernd benutzte, ist sie doch weiteren Kreisen nicht bekannt geworden. So mußte also diese Erfindung noch zum dritten Male gemacht werden. Es war der Franzose *Ernest Michaux,* der in den Jahren 1855 bis 1863 die Verbesserung der Laufmaschine so weit entwickeln konnte, daß er ein französisches Patent darauf nahm, und nun daranging, seine Erfindung wirtschaftlich auszunutzen. Auf den Gedanken der Tretkurbel war unabhängig von ihm im Jahre 1863 auch sein späterer Mitarbeiter *Lallement* gekommen. Michaux hatte das Hinterrad etwas kleiner ausgeführt als das Vorderrad, um so Platz zu gewinnen für einen federnden Bügel, auf dem der Sattel angebracht war, und als erster sein Fahrzeug mit einer Bremse ausgerüstet.

Er gründete nun ein kleines Unternehmen zum Bau seiner neuen Fahrräder, und bald fanden sich auch andere unternehmungslustige Nachahmer, die ebenfalls Fahrräder zu bauen begannen, so daß es den Anschein gewinnen konnte, daß sich nun in Frankreich eine Fahrrad-Industrie entwickeln würde. Allerdings ist es hierzu nicht gekommen. Denn trotz der federnden Anordnung des Sattels verursachten die hölzernen, eisenbereiften Räder auf den wenig gepflegten damaligen Straßen so heftige Stöße und Erschütterungen, daß der englische Spottname „boneshaker" (Knochenschüttler), der damals für diese Fahrräder

aufkam, wohl das richtige getroffen haben wird. Wohl ließ sich eine sportbegeisterte Jugend in England und Frankreich durch solche Unbequemlichkeiten nicht davon abhalten, sich des neuen Fahrzeuges zu bemächtigen, aber zu einem allgemeinen Verkehrsmittel war es noch nicht reif. Auch ein Versuch, das Fahrrad für militärische Zwecke zu benutzen (1870 durch die Franzosen bei der Verteidigung von Belfort), änderte hieran nichts. So ist es denn nicht zu verwundern, daß die durch den Krieg von 1870/71 hervorgerufene französische Wirtschaftskrise die schwachen Anfänge dieser Fahrrad-Industrie wieder von der Bildfläche verschwinden ließ. *Michaux,* der noch durch einen Prozeß gegen seinen früheren Gesellschafter *Ollivier* um die Hälfte seines Vermögens gebracht war, starb im Armenhaus zu Bicètre am 9. Januar 1883.

So war auch der zweite Anlauf, durch das Fahrrad ein neues Verkehrsmittel zu schaffen, gescheitert. Wohl wurden in der nächsten Zeit auf dem europäischen Festlande hin und wieder Fahrräder gebaut, aber stets nur vereinzelt, sei es, daß ein Liebhaber sich eins für seinen persönlichen Gebrauch selbst baute oder auch einem Stellmacher oder Schlosser in Auftrag gab. Manches solcher damals entstandenen Fahrräder wird heute noch in unseren Museen aufbewahrt.

Im allgemeinen hielt man in jener Zeit nicht viel von diesem neuen Fahrzeug, für das damals der Name „Velociped" aufkam. Das zeigt auch die Bemerkung von *Moritz Rühlmann*: „Zusatz. Der Vollständigkeit wegen folgen hier noch einige Notizen in bezug auf dasjenige zwei- (oder drei-)rädrige Fuhrwerk, welches vor Zeiten (in Deutschland) Draisine hieß und vor einigen Jahren wieder unter dem Namen Vélocipède auftauchte. . . . bis endlich im Anfange der 60 er Jahre dies Schwindel- und Kunstreiterfuhrwerk die neueste Gestalt annahm, Krummzapfen und Lenkstange für Fußbewegung, wie es jetzt jedermann bekannt ist, und die wir durch nebenstehendes Bildchen als geschichtliche Notiz aufbewahren wollen" [1]). Das erwähnte Bildchen zeigt ein Fahrrad der damaligen Zeit, das überdies noch mit einer Segelstange und einem kleinen Segel ausgerüstet ist.

Weitere Entwicklung in England

Als die Bemühungen auf dem europäischen Festlande zur Einführung des Fahrrades ergebnislos verliefen, zeigte sich in England eine andere Entwicklung. Die bekannte englische Sportbegeisterung hatte dafür gesorgt, daß das Fahrrad nicht wieder von der Bildfläche verschwand trotz aller Mängel, die den ersten Konstruktionen noch anhafteten. Man war dort vielmehr der Meinung, daß das Michauxsche Fahrrad noch weiter verbessert werden könne, und daß sich daraus ein brauchbares Sportfahrzeug gestalten lasse. So brachte es die Sport-

1) *Moritz Rühlmann:* Allgemeine Maschinenlehre, Leipzig 1877, Bd. 3 S. 152.

begeisterung, verbunden mit einem industriellen Unternehmergeist dahin, daß sich die Weiterentwicklung des Fahrrades zunächst in England vollzog.

Um das Fahrrad leistungsfähiger zu machen, hatte man zunächst das Holz weitgehend durch Stahl ersetzt. So hatte *Madison* im Jahre 1867 zunächst die Speichen der Räder, später auch den Rahmen aus Stahl hergestellt.

Nun war aber die sportlustige Jugend mit der geringen Geschwindigkeit des Fahrrades nicht zufrieden, man verlangte größere Geschwindig-

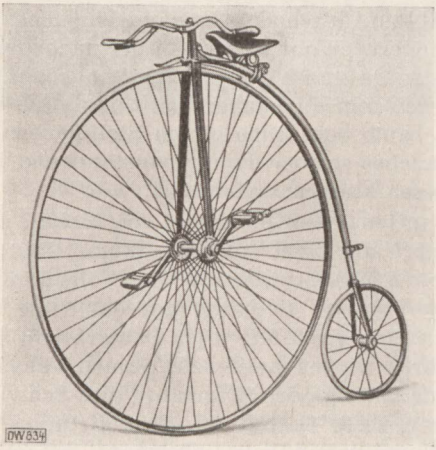


Bild 4. Hochrad, um 1880

keiten. Da die Tretkurbel mit der Achse des Vorderrades fest verbunden war, so machte das Rad bei jeder Kurbeldrehung ebenfalls nur eine Umdrehung. Was lag also näher, um zu größeren Geschwindigkeiten zu kommen, als den Durchmesser des Vorderrades zu vergrößern? So nahm denn das Vorderrad im Laufe der 70er Jahre immer größere Abmessungen an, während das Hinterrad, das bei der Bauform von Michaux wegen der Unterbringung des Sattels bereits etwas kleiner als das Vorderrad ausgeführt war, immer kleiner wurde, bis es endlich zu einem kleinen Stützrade zusammenschrumpfte. Damit hatte sich etwa um das Jahr 1880 das sogenannte Hochrad entwickelt. Hierbei war allerdings noch eine weitere wichtige Änderung erforderlich geworden. Damit der Fahrer die Tretkurbel erreichen konnte, mußte der Sattel weiter nach vorn gerückt werden und saß nun unmittelbar über dem Vorderrad. Dadurch war aber der Schwerpunkt so weit nach vorn

geschoben, daß der Fahrer bei verhältnismäßig kleinen Hindernissen oder Unebenheiten der Straße häufig einen Kopfsturz machte und auf die Straße fiel. Auch das Auf- und Absteigen war durchaus nicht leicht und erforderte viel Übung. Infolge der dadurch eintretenden Verkehrsstörungen ist es nicht zu verwundern, daß in manchen Städten wiederholt Gesuche, in den Straßen der Stadt mit einem Rade fahren zu dürfen, von den zuständigen Polizeibehörden abgelehnt wurden.

Neben der Entwicklung des Hochrades erschienen nun eine große Anzahl verschiedener Konstruktionen von Drei- und Vierrädern. Da diesen aber das entscheidende Merkmal des Fahrrades, nämlich die Einspurigkeit fehlt, sind sie nicht als eigentliche Fahrräder zu bezeichnen und sollen daher aus dieser Betrachtung ausgeschlossen werden. Auch rein konstruktiv wurden in der Zwischenzeit einige Verbesserungen durchgeführt. Als solche ist besonders zu nennen die Anordnung der Radspeichen. Nachdem diese ursprünglich die von der Holzbauart übernommene radiale Anordnung aufwiesen, führte *Cowper* im Jahre 1870 zuerst die tangentiale Anordnung aus, die sich dann in der Folgezeit durchsetzte. Diese Bauart der Speichen, die an die Radnabe tangential herangeführt sind und sich nahe der Nabe kreuzen, ist bekanntlich nicht auf Druck bzw. Knickung beansprucht, sondern nur auf Zug, so daß dadurch eine viel dünnere und gefälligere Ausführung möglich geworden ist.

Die oben geschilderte Gefährlichkeit und Unsicherheit des Fahrens mit dem Hochrade legte es natürlich nahe, eine Abhilfe zu ersinnen. Diese konnte erreicht werden, wenn man den Schwerpunkt, d. h. den Sattel weiter nach hinten verlegte. Dadurch ergab sich ganz von selbst auch eine tiefere Anordnung des Sattels, wodurch das Aufsteigen nur geringere Schwierigkeiten bereitete als bei dem eigentlichen Hochrade. Durch diese Verlegung des Sattels wurden zwangläufig zwei weitere Änderungen erforderlich. Einmal wurde jetzt das wenig beanspruchte kleine Stützrad stärker belastet, hatte also größere Drücke aufzunehmen und mußte daher wieder größer im Durchmesser ausgeführt werden. Zum andern mußte die Kurbelachse tiefer angeordnet werden, damit sie mit den Füßen bequem zu erreichen war. Die Übertragung von der Kurbelachse, die jetzt unterhalb der Vorderachse lag, auf diese wurde mit Zahnrädern und Ketten vorgesehen. Hierdurch ergab sich weiter die Möglichkeit, den Zahnrädern verschiedene Durchmesser, d. h. verschiedene Zähnezahl zu geben, und dadurch eine Übersetzung zu erhalten. Bei einer Umdrehung der Tretkurbel konnte also das angetriebene Vorderrad anderthalb, zwei oder mehr Umdrehungen machen. Damit entfiel die Notwendigkeit, das Vorderrad in der bisherigen Größe auszuführen, es konnte also kleiner gemacht werden. Diese Rückentwicklung des Hochrades dadurch, daß das Vorderrad kleiner, das

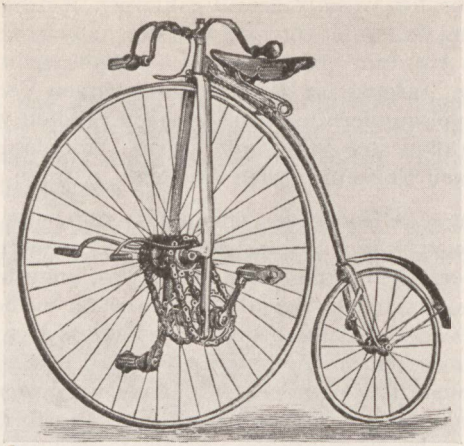


Bild 5. „Känguruh" Hochrad mit Zahnrädern und Kettenübertragung, 1885

Hinterrad aber größer wurde, führte zu der sogenannten „Känguruh"-(Kangaroo-)Bauart, die auch häufig „Sicherheitsrad" genannt wurde. Das Känguruh-Rad, welches das Hochrad ersetzen sollte, hat sich neben diesem bis in den Anfang der 90 er Jahre erhalten, bis beide durch das sich aus der weiteren Entwicklung ergebende Niederrad verdrängt wurden.

Das Niederrad

Alle bisher besprochenen Bauarten des Fahrrades hatten den Antrieb am Vorderrad. Gleichzeitig wurde das Vorderrad aber auch zur Lenkung benutzt. Das war insofern unbequem, als beim Bogenfahren die Tretkurbel und die Beine des Fahrers in eine ungünstige Lage kamen. Wollte man dies vermeiden, so mußte der Antrieb auf das Hinterrad verlegt werden. Die Tretkurbel mußte zwischen den beiden Rädern angeordnet werden, und die Übertragung auf das Hinterrad durch Zahnräder und Kette erfolgen, was wieder die Möglichkeit für eine Übersetzung mit sich brachte. Dieser Antrieb wurde erstmalig im Jahre 1868 als eine Verbesserung des Michauxschen Fahrrades von der Firma Meyer & Co. in Paris nach den Angaben des Uhrmachers *André Guilmet* ausgeführt, ohne aber irgendwelche Beachtung zu finden. Unabhängig davon war im folgenden Jahre (1869) der Turnlehrer *Friedrich Trefz* in Stuttgart auf die gleiche Bauart gekommen. Trefz war ein begeisterter Anhänger des Velozipedfahrens und mußte es sich gefallen lassen, daß er dieserhalb bei den Bauern als „Hexenmeister" verschrieen war. In der von ihm gegründeten Mädchenturnhalle in Stuttgart erteilte er sogar Unterricht im Velozipedfahren. Aber auch diese Konstruktion

mußte ein drittes Mal gefunden werden, bis sie allgemein in den Fahrradbau überging, und zwar durch den Engländer *H. J. Lawson*, der im Jahre 1879 hierauf ein englisches Patent erhielt. Auch Lawson ging auf die alte Fahrradform von Michaux zurück, d. h. er baute ein Fahrrad mit zwei etwa gleich großen Rädern, wobei das Vorderrad gegenüber den damals üblichen Bauarten wieder erheblich verkleinert wurde. Der Sattel lag zwischen den beiden Rädern, so daß der Schwerpunkt wieder zurückverlegt wurde und größere Sicherheit gegen Kopfstürze vorhanden war. Die Tretkurbel lag unterhalb des Sattels zwischen den beiden Rädern; von dieser Kurbel aus wurde das Hinterrad durch Zahnrad und Kette angetrieben. Diese Kettenübertragung ermöglichte es auch, eine Übersetzung einzuschalten, so daß auf eine Umdrehung der Kurbel eine oder mehrere Umdrehungen des Hinterrades kamen. Dieses Fahrrad trat unter dem Namen „Rover" (vom englischen to rove = herumschwärmen, umherstreifen) seinen Siegeszug an, verdrängte die damals gebräuchlichen Bauarten, das Hochrad und das Känguruh, und ist heute das allgemeine Gebrauchsrad. Um aber ein solches werden zu können, war noch eine große Reihe von Verbesserungen erforderlich.

Bereifung

Die Fahrräder waren aber noch nicht geeignet, als allgemeines Verkehrsmittel angesprochen zu werden, vielmehr waren sie immer noch Sportgeräte. Dies hat seinen Grund darin, daß sie keine oder doch nur eine sehr geringe Federung besaßen, und die Fahrer auf den damaligen Straßen dauernden Stößen und Erschütterungen ausgesetzt waren, so daß schon eine gewisse Begeisterung dazu gehörte, sich diesen Unbequemlichkeiten auszusetzen.

Es ist selbstverständlich, daß die Konstrukteure von Anfang an bemüht waren, diese Stöße beim Fahren zu mildern. Schon Michaux hatte versucht, eine gewisse Federung dadurch herbeizuführen, daß er den Sattel auf einem federartigen Bügel anordnete. Besser ist es natürlich, die Stöße da abzufangen, wo sie entstehen, nämlich auf dem Radkranz. So hatte Michaux versuchsweise die hölzernen, eisenbereiften Räder mit Kautschukstreifen überzogen, wie es damals teilweise bei den vornehmen Kutschen gebräuchlich war. Aber um diese breiten vierkantigen Kautschukstreifen aufbringen zu können, mußten die Räder breiter und daher schwerer gemacht werden, wodurch das ganze Fahrrad noch schwerer und unbeholfener wurde, als es an sich schon war.

Als man später zu der eisernen Bauart der Fahrräder überging, versuchte man es mit geteerten Schiffstauen, die in die aus Halbrundstahl hergestellten Felgen der Räder eingelegt wurden. Aber auch dieser Versuch hatte keinen bleibenden Erfolg, da eine nennenswerte Besserung hierdurch nicht erreicht werden konnte. Mancher wird sich viel-

leicht erinnern, daß diese geteerten Schiffstaue während des Weltkrieges unter den mannigfaltigen Ersatzbereifungen wieder aufgetaucht sind, mancher wird vielleicht auch aus eigener Erfahrung wissen, daß es kein besonderes Vergnügen war, auf einem solchen ersatzbereiften Rad zu fahren. Schließlich kam man in der Mitte der siebziger Jahre wieder auf den Kautschuk zurück, indem man die Felgen mit dünnen Vollgummireifen bezog, eine Konstruktion, die weit besser war als die von Michaux, so daß sie sich auch teilweise bis Ende der 90 er Jahre erhalten hat. Diese Vollgummireifen erhielten dann noch eine wesentliche Verbesserung dadurch, daß man sie in ihrer ganzen Länge mit einem Hohlraum durchzog, wodurch sie allerdings dicker als bisher, aber elastischer wurden. Der Fortschritt, den man mit diesen Kissen- oder Polsterreifen erzielt hatte, war sehr bedeutend, wurde dann aber überboten von der Erfindung des luftgefüllten Gummireifens durch den schottischen, in Belfast lebenden Tierarzt *John Dunlop* im Jahre 1888. Dieser „Pneumatik"-Reifen beseitigte alle bisherigen Unbequemlichkeiten und machte damit das Fahrrad zu einem Verkehrsmittel, das seinen Siegeszug über die ganze Welt antreten konnte.

Allerdings war Dunlop nicht der erste Erfinder des luftgefüllten Gummireifens für Fahrzeuge, sondern bereits im Jahre 1845 hatte der englische Fabrikant *Robert William Thomson* auf diese Erfindung das englische Patent genommen, dem im Jahre 1846 das französische und 1847 das amerikanische Patent folgten. Die Thomsonsche Bereifung bestand bereits aus einem Gummischlauch, der durch eine Handluftpumpe aufgepumpt wurde, und einer Schutzdecke, entspricht also in ihrem Aufbau der heutigen Ausführung. Das Wesentliche dieser Konstruktion ist darin zu erblicken, daß eine Trennung in zwei verschiedene Teile vorgenommen wurde, einmal der dünnwandige, elastische Schlauch, der in der Lage ist, den erhöhten Luftdruck aufzunehmen, der das ruhige und stoßfreie Fahren bewirkt, und dann die dicke, widerstandsfähige Decke, die bis zu einem gewissen Grade äußere Beschädigungen aufnehmen kann und dadurch den innen liegenden Schlauch schützt. Thomson hat seiner Zeit verschiedene Wagen mit seiner Bereifung ausgerüstet. Nach einem zeitgenössischen Bericht hat ein solcher Wagen eine Strecke von 1200 Meilen zurückgelegt, ohne daß Beschädigungen an den Reifen aufgetreten sind, eine jedenfalls ganz erstaunliche Leistung. Trotzdem hat sich die neue Bereifung damals nicht einführen lassen und ist in Vergessenheit geraten. Fragen wir nach dem Grunde, so können wir vermuten, daß einmal die Straßen in der damaligen Zeit noch zu schlecht waren, daß auf der anderen Seite wohl die Herstellung des Gummis noch zu unvollkommen gewesen ist. So konnte denn Dunlop die Erfindung zum zweiten Male machen. Wie allgemein angenommen wird, soll Dunlop das frühere Thomsonsche Patent nicht bekannt gewesen sein, vielmehr soll er durch Zufall zu

seiner Nach-Erfindung gekommen sein. Um seinen Sohn, der ein kleines Kinder-Dreirad hatte, vor dem Rütteln und den Erschütterungen zu schützen, hatte er einen Gasschlauch notdürftig zu einem Ringe zusammengeklebt, diesen mit einer Luftpumpe aufgeblasen und um das Rad gelegt. Der Erfolg war überraschend gut, so daß Dunlop glaubte, daß diese neue Radbereifung nach den nötigen technischen Verbesserungen eine große praktische und industrielle Bedeutung erreichen werde. Im Jahre 1890 erhielt er auf seine Idee das englische Patent. Bemerkenswert ist, daß er in anderen Ländern keinen Patentschutz erhalten konnte, weil seine Erfindung nichts in sich schloß, was nicht schon in dem Patent von Thomson aus dem Jahre 1845 enthalten war.

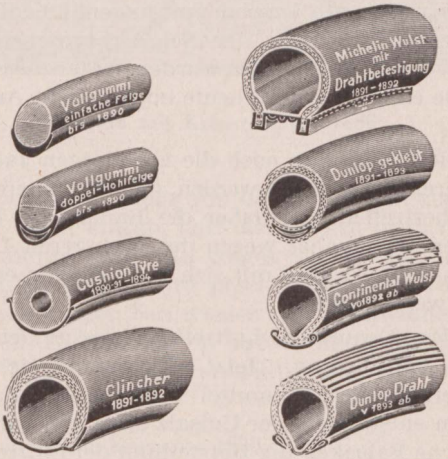


Bild 6. Entwicklung der Gummibereifung

Der Fahrradreifen nach dem Patent von Dunlop bestand aus einem Hanfschlauch mit einem darin gelagerten Gummischlauch. Dieser Reifen wurde an der Radfelge durch eine Leinenbandage gehalten, die um die Felge gewickelt und mit einer Gummilösung festgeklebt war. Diese Befestigungsart war zunächst der allgemeinen Einführung sehr hinderlich; denn bei plötzlich eintretenden Beschädigungen des Reifens mußte die ganze Bandage abgenommen und nach dem Flicken wieder aufgebracht werden, was einmal das Mitführen von einer ganzen Reihe von Werkzeugen und Hilfsmitteln, Leimtopf, Gummilösung, Fettstein usw. erforderlich machte, dann aber auch große Geschicklichkeit erforderte und sehr viel Zeit in Anspruch nahm. Deshalb blieb man vorerst meistens lieber bei den alten Vollgummireifen. Die Vorteile der neuen Bereifung mußten der Allgemeinheit erst in aller Deutlichkeit öffentich gezeigt werden. So erregte es zunächst großes Aufsehen, als

bei einem Rennen im Jahre 1890 der Engländer *Shortland* auf einem Fahrrade mit den neuen, dicken „Wurstreifen", wie man sie zuerst spöttisch nannte, erschien. Das anfängliche Lachen verstummte aber bald, als er mit den neuen Reifen als Sieger aus dem Rennen hervorging. Als nun eine Reihe weiterer Rennen die fahrtechnische Überlegenheit dieser neuen Bereifung klar und deutlich gezeigt hatte, da war ihr trotz den ihr noch anhaftenden Unzulänglichkeiten, die erst noch überwunden werden mußten, doch der Weg zur allgemeinen Anwendung erschlossen.

Einen wesentlichen Fortschritt bedeutete die Konstruktion von *Charles Kemp Welch,* nach welcher der mit verdichteter Luft gefüllte Gummischlauch in einen offenen Mantel gelegt wurde. Die Ränder dieses Mantels waren mit besonderen eingenähten Drahtringen verstärkt, die in eine in der Mitte der Felge vorgesehene Vertiefung eingezogen wurden. Diese Drahtringe wurden später durch Wulste ersetzt, wodurch dann die endgültige und heute noch übliche Art der Anbringung erreicht wurde.

Schließlich sollen noch die vor einigen Jahren neu aufgekommenen „Ballonreifen" genannt werden, die die früheren „Wurstreifen" an Dicke noch übertreffen und daher die Bauart des Fahrrades etwas plumper gestalten, dafür aber wegen des geringeren Luftdruckes in den Reifen ein so sanftes Fahren mit sich bringen, wie es wohl so bald nicht übertroffen werden dürfte.

Die Einführung des Luftreifens brachte dem Fahrradbau einen ungeahnten Aufschwung. Jetzt erst konnte sich das Fahrrad zu einem allgemeinen Verkehrsmittel entwickeln. Zahlreiche neue Fahrradfabriken entstanden, der Umsatz stieg von Jahr zu Jahr. Ebenso griffen zahlreiche Fabriken die Herstellung der Luftreifen auf, auch in Deutschland, wo teilweise nach eigenen Patenten gearbeitet wurde. So konnte z. B. der Geschäftsbericht der Continental Caoutchouc- und Guttapercha-Compagnie G. m. b. H., Hannover, für das Jahr 1894 mitteilen, daß sich der Continental-Pneumatik eine vorherrschende Stellung errungen habe.

Der Rahmen

Bei der Laufmaschine von Drais hatte das Gestell aus einem einfachen Balken bestanden, der hinten eine feste und vorn eine drehbare Gabel zur Aufnahme der Räder trug. Dieser Balken war bei der Entwicklung zum Hochrad zu einem Bügel geworden, der an seinem Ende das kleine Stützrad hielt. In Anlehnung an diese Konstruktion baute *Lawson* bei seinem Niederrad mit Kettenantrieb 1879 einen Rahmen, der als Kreuzrahmen bezeichnet wird und lange Zeit den Fahrradbau beherrschte: ein Stahlrohr führte von der vorderen Steuerung zur Hinterachse und war in seinem hinteren Teil zur Aufnahme des Hinterrades

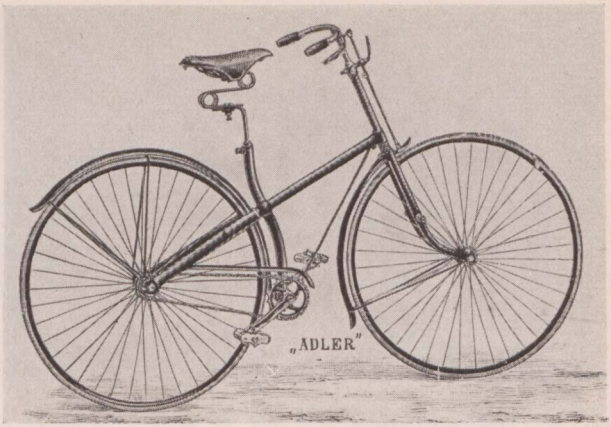
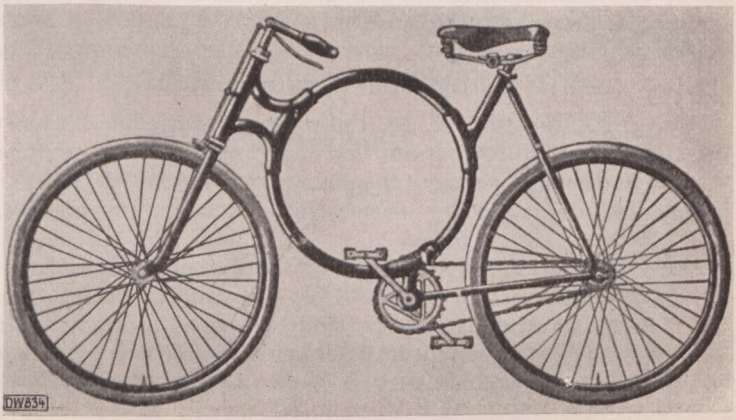


Bild 7. Niederrad mit Kreuzrahmen, 1886

gegabelt, während ein zweites Stahlrohr von der Tretkurbel zum Sattel ging. Da man wohl mit Recht einsah, daß diese Form noch nicht die endgültige Lösung sein konnte, setzte ein langes Suchen ein: alle möglichen Konstruktionsformen, gerade und geschwungen bis zur Kreisform tauchen auf, um nach kurzer Zeit wieder zu verschwinden. Endlich setzt sich als siegreich die Rautenform durch, die bereits im Jahre 1885 von der englischen Firma Humber erstmalig gebaut war. Trotz

Bild 8. Fahrrad mit Kreisrahmen um 1880



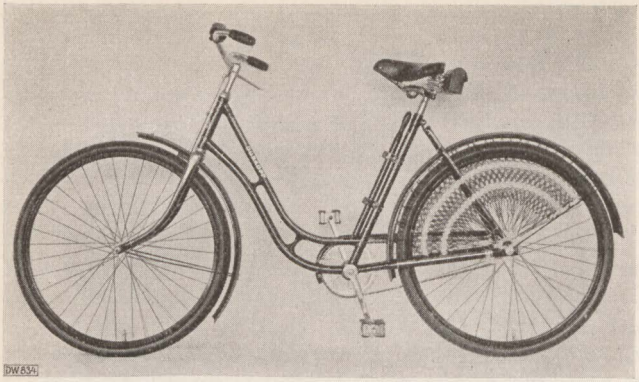


Bild 9. Damenrad, 1939

vieler Versuche, eine andere Form zu finden, ist sie heute die allgemein übliche, weil sie in ihrer Einfachheit doch geschmackvoll und widerstandsfähig ist.

Besondere Schwierigkeiten bereitete es, eine Rahmenform zu finden, die auch den Damen das Radfahren gestattet. Der Gedanke, der in den neunziger Jahren auftauchte, daß sich nicht das Rad der Damenkleidung, sondern die Damenkleidung dem Rade anzupassen habe, daß also die Damen Pumphosen zum Fahren auf einem Herrenrade trugen, fand zwar vereinzelt Anhängerinnen, wurde aber der Anschauung der damaligen Zeit entsprechend im allgemeinen als unpassend empfunden und konnte sich daher nicht einbürgern. Schließlich hat man auch für das Damenrad eine Rahmenform gefunden, die praktisch ist, und deren Widerstandsfähigkeit genügend groß ist, wenn sie auch nicht an die des Herrenrades heranreicht.

Kugellager und Freilauf

Ein großer Fortschritt im Fahrradbau war die Einführung der Kugellager für die Radachsen und die Tretkurbel, wodurch die aufzuwendende Tretarbeit ganz erheblich verringert wurde. Der erste, der Kugellager für Fahrräder verwandte, war der Franzose *Suriray* im Jahre 1869.

Bei der einfachen Verbindung der Tretkurbel mit der Hinterradnabe durch eine Kette, ist man natürlich gezwungen ununterbrochen zu treten, auch wenn es bei Ausnutzung von Gefälle, Rückenwind u. dgl. nicht erforderlich sein würde. Das legte den Wunsch nahe, die Tretkurbel zeitweilig ausschalten zu können. 1898 konnte die Firma Fichtel & Sachs eine sogenannte Freilaufnabe, die die Erfüllung dieses

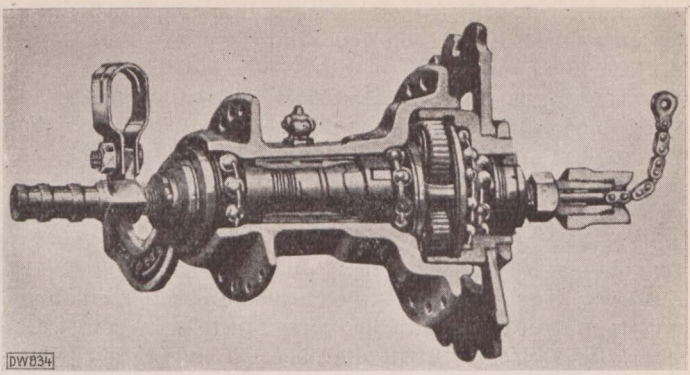


Bild 10. Torpedo-Freilaufnabe mit zwei Geschwindigkeiten

Wunsches brachte, auf einer Ausstellung in England zeigen. Eine bedeutend verbesserte Konstruktion, die „Torpedo-Freilaufnabe" konnte sich der Mitinhaber der genannten Firma *Ernst Sachs* im Jahre 1900 in Deutschland patentieren lassen. Diese Nabe war so gebaut, daß man nach Belieben entweder Freilauf oder starren Zahnkranz fahren konnte, und zwar erfolgte diese Umschaltung durch eine Sperrklinke. Bei dieser ersten Konstruktion war es allerdings noch nötig, bei jeder Umschaltung vom Rade steigen zu müssen, eine Unbequemlichkeit, die bereits bei der Weiterentwicklung der Konstruktion im nächsten Jahre vermieden wurde. Nach verhältnismäßig kurzer Zeit brachte die „Torpedo-Freilaufnabe mit Rücktrittbremse" eine weitere sehr beachtliche Verbesserung, die sich außerordentlich gut bewährt hat und sich schnell in den Fahrradbau einführte. Durch zielbewußte Weiterentwicklung ist man dann noch dazu gekommen, in die Freilaufnabe eine Zahnradübersetzung einzubauen, die es durch einen einfachen Handgriff ermöglicht, zwei oder drei verschiedene Übersetzungen zu fahren.

Übertragung

Während sich die Kettenübertragung bis heute allgemein gehalten hat, hat es nicht an Versuchen gefehlt, sie durch eine andere Übertragungsart zu ersetzen. Das sogenannte kettenlose Fahrrad, bei dem die Übertragung durch zwei Paar Kegelräder erfolgt, hat sich nicht durchsetzen können, weil es einmal schwerer ist als das übliche, und weil durch die unvermeidliche Durchbiegung des Rahmens beim Fahren eine Verlagerung der Kegelradachsen eintritt, die ein ungünstiges Eingreifen der Kegelräder und daher schnellere Abnutzung derselben zur Folge hat.

Daneben finden sich die mannigfaltigsten Konstruktionen der Übertragung durch Hebel, von denen nur zwei erwähnt werden sollen. Zunächst ein Patent aus dem Jahre 1887: Antriebs-Vorrichtung mittels an dem Gestell pendelnd aufgehängter Fußtritthebel. Diese Hebel greifen mit ihren hinteren Enden an Kurbeln an, von deren Wellen die Übertragung auf die Hinterradnabe durch Zahnräder erfolgt. Ohne daß sich diese oder ähnliche Hebelübertragungen haben einführen lassen, zieht sich dieser Gedanke durch die Jahrzehnte bis auf den heutigen Tag, bis zu dem kettenlosen Fahrrad mit Trethebeln von Eugen Woerner vom Jahre 1939, bei welchem durch Lenker und Gleitführungen die Fußtritte konchoidenartig in sich geschlossene Tretbahnen beschreiben, und zwar so, daß, wenn der eine Fußtritt in seiner unteren Totlage steht, der andere Fußtritt die obere Totlage bereits überschritten hat. Ob sich derartige Konstruktionen allgemein einführen werden, wollen wir der Zukunft überlassen.

Das Kleinmotorrad

Das Bestreben, die Antriebsarbeit beim Radfahren nach Möglichkeit zu verringern, mußte naturgemäß auch dazu führen, diese Antriebsarbeit des Menschen ganz zu sparen durch Einbau einer Antriebsmaschine. Hierzu war vor allen Dingen der Verbrennungsmotor geeignet. Nachdem man zuerst versucht hatte, in das normale Fahrrad einen Behelfsmotor einzubauen, ging man etwa um das Jahr 1895 daran, die Konstruktion des Fahrrades so umzugestalten, daß der organische Einbau eines kleinen Motors möglich wurde. Werke wie Adler, Wanderer, NSU schufen so die ersten Kleinkrafträder, während die Münchener Ingenieure *Wolfmüller* und *Hildebrand* im Jahre 1893 in Anlehnung an den damaligen Automobilbau ein „Motorrad" (diesen Namen ließen sie sich schützen) schufen, welches der Urahn unserer schweren Krafträder wurde, die aber aus unserer Betrachtung ausscheiden sollen.

Die Benutzung eines Kraftrades gehörte vor dem Weltkriege zu den Seltenheiten, doch wurde der Bau derselben nach Beendigung des Krieges von verschiedenen Werken aufgenommen. Eines der bekanntesten Kleinkrafträder war damals das kleine DKW-Rad, dessen Entstehungsgeschichte kurz erwähnt werden soll. Die ehemalige Waffenfabrik Spandau hatte während des Krieges auch Klein-Funkstationen gebaut, bei denen zum Antrieb der Dynamomaschinen luftgekühlte Zweizylinder-Motoren von 125 cm^3 Hubraum benutzt worden waren, die in Anlehnung an den englischen Douglas-Motor von der Firma Bosch gebaut wurden. Nach Beendigung des Krieges hatte man von diesen Motoren noch so viel auf Lager, daß man bei der Umstellung auf Friedensarbeit auf den Gedanken kam, sie für Krafträder zu benutzen. Die Konstruktion dieses neuen Klein-Kraftrades war so geschickt und

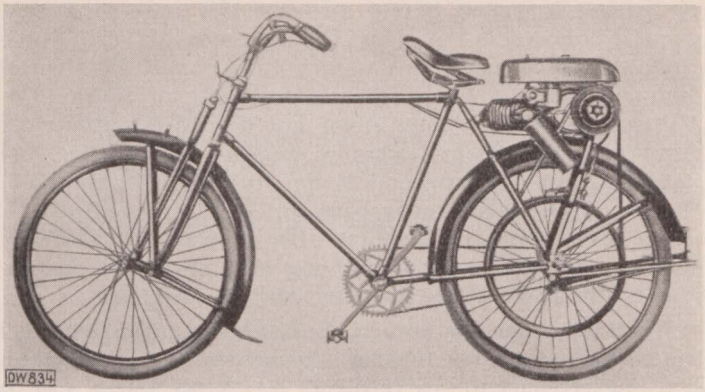


Bild 11. DKW-Kleinkraftrad

gut durchgeführt, daß für sie die Bezeichnung „Das kleine Wunder" aufkam, die dann zu der abgekürzten Markenbezeichnung „DKW" führte.

Von neueren Bauarten sei besonders das Fahrrad mit Sachsmotor von der Firma Fichtel & Sachs erwähnt. Bei einem Zylinderinhalt von 100 cm^3 können Geschwindigkeiten von 60 km/h erreicht werden. Diese Bauart erfreut sich allgemeiner Beliebtheit, so daß heute bereits mehr als eine halbe Million im Gebrauch sind.

In neuer Zeit hat die Firma Fichtel & Sachs den Gedanken, einen Motor mit der Radnabe unmittelbar zu verbinden, wieder aufgegriffen

Bild 12. Normales Ballonrad mit Hilfsmotor

und weiterentwickelt. Bereits im Jahre 1887 hatte der Franzose *M. Millet* einen Fünfzylinder-Petroleum-Umlaufmotor in das Vorderrad eines Dreirades eingebaut, ohne daß sich diese Bauart hätte einführen lassen. Nunmehr hat die Firma Fichtel & Sachs im Jahre 1938 unter dem Namen „Saxonette" einen Motor auf den Markt gebracht, der an das Hinterrad eines Klein-Kraftrades angebaut wird. Der Zweitakt-Motor hat bei 45 mm Bohrung und 38 mm Hub einen Zylinderinhalt von nur 60 cm^3. Er ist zusammengebaut mit der Torpedo-Freilauf-Bremsnabe, deren Arbeitsweise er ausnutzt. Der Einbau sieht außerordentlich geschmackvoll aus; die Handhabung ist einfach, da das Anwerfen des Motors durch einfaches Antreten des Rades erfolgt.

Trotz der guten Bauformen, die wir heute haben, hat das Klein-Kraftrad oder Motorfahrrad für den allgemeinen Verkehr noch nicht die Verbreitung erreicht, die es verdient. Es ist zu hoffen, daß es sich bald mehr als bisher als Gebrauchsrad durchsetzen wird.

Verwendung in der Wehrmacht

Auch zu militärischen Zwecken wurde das Fahrrad bereits frühzeitig herangezogen. Es wurde oben bereits erwähnt, daß die Franzosen im Jahre 1870 bei der Verteidigung von Belfort Fahrräder benutzt haben. In Italien begann man im Jahre 1878 mit Versuchen, das Fahrrad im Heere zu verwenden, während die Einführung desselben in Österreich-Ungarn 1884, in Deutschland 1886, in Belgien 1888 erfolgte. In England hatte man bereits im Jahre 1889 bei 30 Bataillonen besondere Radfahrerabteilungen. Die Verwendung im Heere bedingte häufig Sonderkonstruktionen, so wurden zeitweise Fahrräder gebaut, die zusammengeklappt und in unwegigem Gelände auf dem Rücken getragen werden konnten.

Volkswirtschaftliche Bedeutung des Fahrrades

Das Fahrrad ist heute aus dem allgemeinen Verkehr nicht wegzudenken. Wenn man zur Zeit des Geschäftsbeginns oder des Geschäftsschlusses an den größeren Straßenkreuzungen unserer Städte die Zahl der Radfahrer sieht, die ihrer Arbeitsstätte oder ihrem Heim zustreben, so erhält man ohne große Überlegung einen Begriff von der großen volkswirtschaftlichen und sozialen Bedeutung des Fahrrades. Eingangs wurde die Zahl der in Deutschland zur Zeit in Benutzung befindlichen Fahrräder schätzungsweise auf 18 Millionen Stück angegeben. Eine genauere Statistik hierüber besteht leider nicht, es wäre sonst interessant, zusammenzustellen, in welcher Weise die Benutzung des Fahrrades in Deutschland im Laufe der Jahre zugenommen hat. Als ein Notbehelf wurde in Bild 13 eine Darstellung über die Zahl der in Deutschland hergestellten Bereifungen für Fahrräder in den Jahren

1912 bis 1936 aufgetragen. Diese Zahlen enthalten natürlich auch die als Ersatz für verbrauchte Reifen gelieferten, sowie auch die in ihrer Zahl stark wechselnden ausgeführten Reifen, und zwar sowohl die von den Gummifabriken unmittelbar als auch an fertigen Rädern ausgeführten Reifen. Die Zahlen lassen also einen Schluß auf die Zahl der in Deutschland abgesetzten Fahrräder nicht ohne weiteres zu, aber immerhin kann man annehmen, daß sich der Absatz in Deutschland in einer ähnlich aufsteigenden Linie bewegt hat.

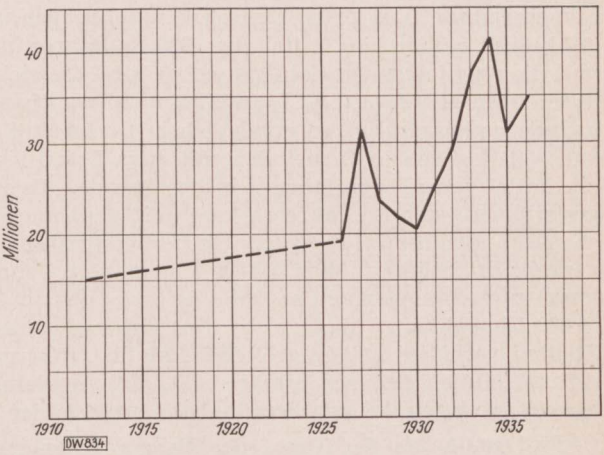


Bild 13
Jährliche Herstellung von Fahrrad-Reifen in Deutschland 1912 bis 1936

Die stetig zunehmende Verbreitung des Fahrrades ist nicht zum wenigsten auch der günstigen Preisentwicklung zuzuschreiben. Während man um die Jahrhundertwende für ein gutes Fahrrad etwa M 250,— bis M 300,— bezahlen mußte, kostet heute ein Marken-Fahrrad etwa RM 80,—. Diese erhebliche Verbilligung hat sich wohl hauptsächlich durch die Entwicklung von der Einzelherstellung zur Reihenfertigung ergeben.

Um einen ungefähren Überblick zu gewinnen, in welchem Umfange das Fahrrad zur Beförderung von und zu der Arbeitsstätte benutzt wird, wurde von mir eine Umfrage bei einer größeren Anzahl industrieller Werke vorgenommen, und zwar einmal in einer Großstadt, sodann auch in einer Mittelstadt. Für die Großstadt ergab sich, daß 43 bis 61 % aller Gefolgschaftsmitglieder Fahrradbenutzer sind. Unter Berücksichtigung der Größe der Belegschaften würde der Mittelwert bei 53 % liegen. In der Mittelstadt dagegen wurde nur ein Satz von 30 bis 35 % festgestellt. Das ist wohl dadurch zu erklären, daß in der Mittelstadt die Anwege meistens nur kurz sind, und daher der größte Teil der

Belegschaft den Weg ohne weiteres zu Fuß zurücklegen kann. Ferner wurde festgestellt, daß in einer Ingenieurschule etwa 60 % der Besucher den Schulweg mit einem Fahrrade zurücklegen.

Die angegebenen Zahlen können natürlich keine allgemeine Gültigkeit beanspruchen, da die Umfrage nur in beschränktem Ausmaße durchgeführt werden konnte.

Sehr aufschlußreich sind auch folgende Zahlen, die ich einem Aufsatze der „Sozialen Praxis" entnehme. In den Jahren 1936 und 1937 wurden an 11 Zähltagen an Hauptverkehrsstraßen, Plätzen usw. von Gemeinden mit über 20 000 Einwohnern Zählungen vorgenommen. Diese Zählungen ergaben im Mittel etwa 300 Radfahrer in der Stunde. (Diese und die nachfolgenden Zahlenangaben sind die sich für eine Zählstelle ergebenden Mittelwerte.) Wurde bei der Ermittlung die Größe der Gemeinde berücksichtigt, so ergab sich in Berlin und Hamburg ein Mittel von 530, dagegen in Gemeinden mit etwa 20 000 bis 75 000 Einwohnern ein Mittel von 220 Radfahrern in der Stunde. Es wurde also hier festgestellt, daß der Radfahrerverkehr mit abnehmender Größe der Orte ebenfalls abnimmt. Es wurde ferner festgestellt, daß der Fahrradverkehr in Städten über 350 000 Einwohnern (ohne Berlin und Hamburg) nur etwa doppelt so groß ist wie der in Orten mit 20 000 bis 50 000 Einwohnern, daß also die Fahrradbenutzung in kleineren Städten verhältnismäßig größer ist als in größeren Städten, was sich wahrscheinlich dadurch erklären lät, daß in kleineren Städten öffentliche Verkehrsmittel wie Straßenbahn usw. fehlen.

Daß im Laufe des Tages der Fahrradverkehr stark schwankt, ist selbstverständlich. Es seien hier nur die Zahlen von Berlin genannt: vormittags zwischen 6 und 7 Uhr 1190, zwischen 7 und 8 Uhr 900, dann sinkt die Zahl, um nachmittags zwischen 16 und 17 Uhr wieder einen Höhepunkt mit 920 Radfahrern zu erreichen.

Bedeutungsvoll erscheint es mir auch, daß der Fahrradverkehr an Sonntagen geringer ist, als an Wochentagen, und zwar im Reichsdurchschnitt an Sonntagen etwa 200, an Wochentagen etwa 300 in der Stunde. Diese Zahlen lassen wohl den Schluß zu, daß das Fahrrad in der Hauptsache zu beruflichen Zwecken benutzt wird, wodurch seine soziale Bedeutung noch besonders unterstrichen wird.

Die Benutzung des Fahrrades ist auch für die Landwirtschaft von großer Bedeutung geworden. Da häufig die einzelnen Äcker oder Wiesen eines Bauern weit auseinanderliegen, ging früher durch die Wanderung vom einen zum andern viel Zeit verloren, was sich namentlich zur Zeit der Ernte sehr nachteilig auswirkte. Heute wird durch das Fahrrad eine bedeutende Zeitersparnis erzielt, so daß auf dem Lande fast jedes Mädel und jeder Bursche ein Fahrrad hat.

Daß das Radfahren eine außerordentlich gesundheitsfördernde Betätigung des ganzen Körpers, namentlich auch für ältere Leute ist, soll nur kurz erwähnt werden. Denn nicht nur die Muskeln des ganzen Körpers haben dabei eine keineswegs anstrengende, aber gleichmäßige Betätigung, auch Lunge, Herz und andere Organe werden wohltuend angeregt. Mir ist ein Herr bekannt, der noch mit 82 Jahren ein eifriger Radfahrer ist; er behauptet, daß das Radfahren seine beste Erholung sei.

Während vor Einführung des Fahrrades viele Volksgenossen kaum über die nähere Umgebung ihres Wohnsitzes herauskamen, hat sich heute darin ein großer Wandel vollzogen. Das Fahrrad bietet die Möglichkeit, in den Freizeiten größere Fahrten in die weitere Umgebung zu machen, die es sogar während des Urlaubes ermöglichen, weite Gebiete des deutschen Vaterlandes kennenzulernen, ohne daß hierdurch bedeutende Kosten entstehen. Somit hat das Fahrrad auch eine große kulturelle Bedeutung, indem es dem Menschen die Möglichkeit bietet, seinen Gesichtskreis zu erweitern.

In diesem Zusammenhang sei auch erwähnt, daß die deutsche Ausfuhr von Fahrrädern steigende Zahlen aufweist, und daß diese im Jahre 1938 etwa 200 000 Fahrräder betragen hat trotz der außerordentlich großen Konkurrenz auf dem Weltmarkte durch England und Japan.

Radwege

Die im vorhergehenden Abschnitt genannten Zahlen zeigen mit großer Deutlichkeit, welche Bedeutung heute dem Fahrrade als öffentlichem Verkehrsmittel zukommt. Man hat daher in den letzten Jahren erkannt, daß man dem Fahrrade zur Sicherung des Verkehrs erhöhte Aufmerksamkeit zuwenden muß, und zwar ist es geschehen durch den Bau besonderer Radfahrwege, seien es nun besondere Wege „nur für Radfahrer" oder Radfahrerstreifen neben den Hauptverkehrsstraßen.

Der erste Radfahrweg in Deutschland wurde in Hannover im Jahre 1898 angelegt. Dies war ein etwa 2½ km langer Weg durch den Stadtwald Eilenriede vom Zoologischen Garten bis zum Pferdeturm. In den folgenden Jahren ließ die Stadt weitere Radfahrwege anlegen; andere Gemeinden folgten diesem Vorgehen. Immerhin blieben derartige Wege vor dem Weltkrieg vereinzelt, da der damalige Verkehr sie noch nicht erforderte. So bildeten sie damals mehr eine Annehmlichkeit für den Radfahrer als eine dringende Notwendigkeit. Erst nach dem Weltkrieg und namentlich nach der Machtübernahme trat eine derartige Steigerung des Verkehrs, namentlich durch die Kraftwagen, ein, daß es zur Erzielung einer größeren Verkehrssicherheit immer notwendiger wurde, den Radverkehr von dem übrigen Verkehr durch Anlegung besonderer Wege zu trennen. Daß diese Notwendigkeit

allgemein anerkannt wurde, zeigt die Tatsache, daß in den letzten Jahren überall Radwege gebaut wurden. Heute sind in Deutschland etwa 10 000 km Radwege bzw. Radstreifen vorhanden. Gemessen an der Einwohnerzahl steht Magdeburg an erster Stelle mit 1333 m Radwegen auf 1000 Einwohner, an zweiter Stelle kommt Hannover mit 392 m auf 1000 Einwohner.

Da der augenblickliche Bedarf an Radwegen auf etwa 50 000 km geschätzt wird, bleibt allerdings noch ein gutes Stück Arbeit zu tun übrig.

Schlußbemerkung

Wir können mit gutem Recht das Fahrrad als eine deutsche Erfindung bezeichnen, denn es ist in allen seinen Grundgedanken in Deutschland entstanden. Diese Grundgedanken wurden allerdings in Frankreich aufgenommen und weiter verbessert, und schließlich wurde England, wie in so vielen anderen Fällen, auch hier der Nutznießer, denn nur dort konnte sich damals bei der bekannten englischen Sportbegeisterung ein neues Sportfahrzeug durchsetzen. So kam es, daß die englischen Fahrräder in den achtziger Jahren auf dem gesamten Weltmarkt vorherrschend waren. Um die gleiche Zeit hatten sich in Deutschland zunächst kleinere Betriebe mit der Ausbesserung englischer Fahrräder befaßt, die dann auch zum Teil zu der Anfertigung der damals üblichen Hochräder übergingen und sich zu Fahrradfabriken von Weltruf entwickelten, so daß die deutsche Fahrradindustrie die englische nicht nur in ihren Leistungen erreichen, sondern sie sogar überflügeln konnte. Das zeigt auch die obengenannte deutsche Ausfuhr, die im Steigen begriffen ist, obwohl der Preis beispielsweise der englischen Fahrräder um etwa 25 bis 30 % tiefer liegt, ein Beweis, daß die deutsche Qualitätsware auf dem Weltmarkt immer noch geschätzt und begehrt wird.

Bildquellen:

Soweit die Vorlagen nicht aus dem Archiv des Verfassers stammen, wurden sie in entgegenkommender Weise von den

Adlerwerken vorm. Heinrich Kleyer A.-G., Frankfurt a. M.,
Dürkoppwerke A.-G., Bielefeld,
Fichtel & Sachs A.-G., Schweinfurt a. M.,
Pantherwerke A.-G., Braunschweig,
Wanderer-Werke A.-G., Siegmar-Schönau

zur Verfügung gestellt.

Aus dem Deutschen Museum

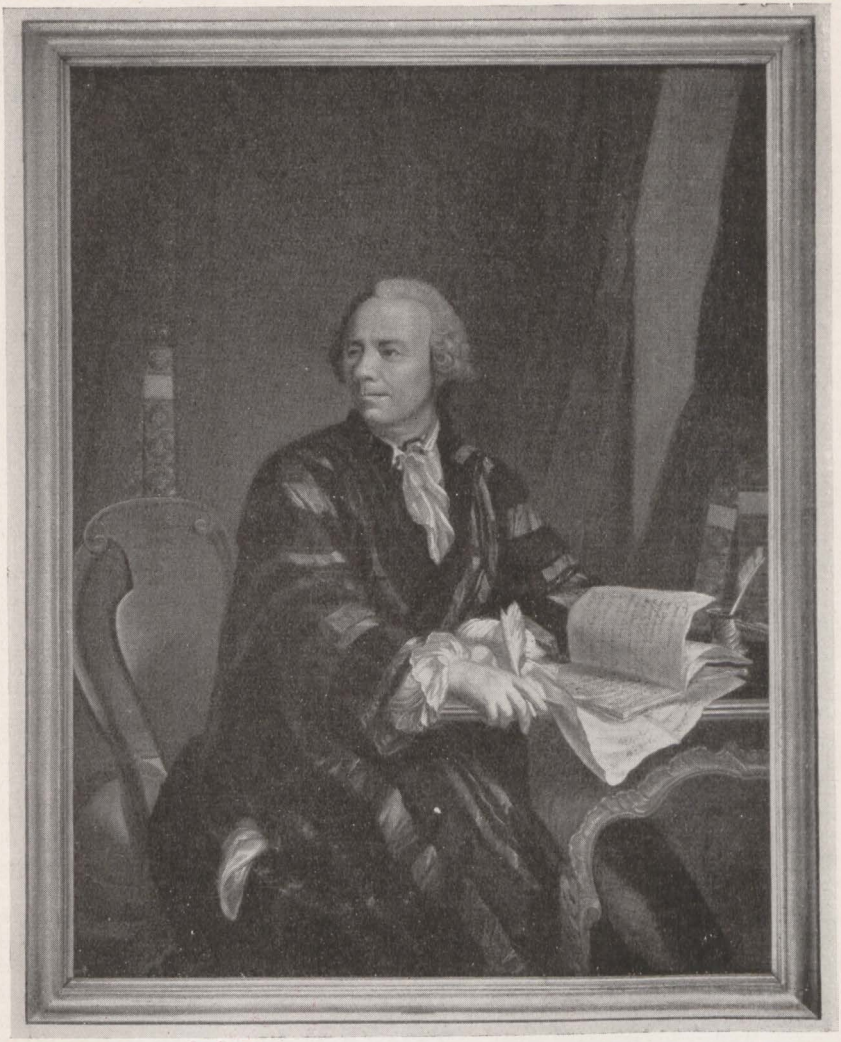
Ein Bildnis Leonhard Eulers von Emanuel Handmann im Deutschen Museum zu München

Im Jahre 1756 schuf der bedeutende Berner Porträtmaler Emanuel Handmann ein Ölbildnis Leonhard Eulers, das als eine ins Repräsentative übersetzte Replik eines von Handmann bereits 1753 in Berlin gemalten, heute in Basel aufbewahrten Pastellbildnisses des großen Mathematikers und Physikers gilt.

Das Bild, dessen Größe 138 × 104 cm beträgt, zeichnet sich aus durch die lebenswahre, liebevolle Darstellung des Gesichts mit seinen geistvoll markigen Zügen und durch die sorgfältige Behandlung des schweren Seidengewands. Alles andere tritt als weniger gelungen zurück. „Kopf und Hände sind ohne Tadel gezeichnet, mit einem frischen und markichten Pinsel gemahlt, das Gewand nach bestem Geschmack geworffen; überhaupt herrscht im Ganzen eine edle Übereinstimmung und geistreiche Handlung", urteilt ein Freund des Künstlers, der Züricher Maler Joh. Caspar Füßli, über das Bildnis.

Emanuel Handmann (1718 bis 1781), von dem ein Zeitgenosse schreibt, daß in Bern jeder Bräutigam seine Braut von ihm konterfeit haben wolle, gehört zu den besten schweizerischen Porträtisten seiner Zeit. Er pflegte noch im 18. Jahrhundert den schweren Geschmack des Zeitalters Ludwigs XIV., dem seine französischen Lehrmeister angehört hatten.

Das Schicksal des Handmannschen Euler-Porträts ist ein sehr wechselvolles. Als Euler 1766 von Berlin nach St. Petersburg übersiedelte, nahm er das Bild mit sich. In St. Petersburg fertigte Joh. Stenglin in Schabkunstmanier einen Stich des Gemäldes an, der aber bei weitem nicht die eindringliche Sprache des Originals wiederzugeben vermag. Nach Eulers Tod, 1783, ging das Porträt wohl in den Besitz seines ältesten Sohnes, des in St. Petersburg lebenden Mathematikers Johann Albrecht Euler über. Dessen Söhne sollen bald nach ihres Vaters Tod, der im Jahre 1800 in St. Petersburg starb, von Rußland nach Deutschland gezogen sein. Sie führten das Bild ihres großen Ahnherrn wohl mit sich. Aus dem Besitze eines der verarmten Söhne Joh. Albrecht Eulers kam es mit anderen Habseligkeiten um das Jahr 1840 zur Versteigerung. Eine Ravensburger Trödlerin erwarb es. Bei ihr sah der Stuttgarter Oberbaurat Georg Wilh. Christian von Bühler, ein leidenschaftlicher Sammler von Gemälden, Stichen und Büchern, das ungerahmte Ölbild, das die Besitzerin, die es für wertlos erachtete, als Schutzdecke für andere Gegenstände benutzte. Bühler, der in seiner Graphiksammlung einen Porträtstich Eulers besaß, erkannte sofort, daß der auf dem Ölbild Dargestellte der berühmte Euler ist. Er kaufte das Bildnis und ließ es von einem Stuttgarter Maler ausbessern. Nach von Bühlers Tod, 1859, kam das Bild an den Oberamts-Baumeister Ulrich Mayr in Neuenbürg



Leonhard Euler
(geb. 1707, gest. 1783)
Mathematiker und Physiker

Gemälde von Emanuel Handmann, 1756

in Württemberg und später an dessen Sohn, den Geheimen Baurat Ernst Mayr, der es 1921 seiner Nichte, einer Urgroßnichte des Entdeckers des Bildes, vermachte.

Bereits im Jahre 1912 lenkte der Berliner Mathematiker J. Knoblauch in einer Veröffentlichung die Aufmerksamkeit auf das nicht signierte Bildnis, ohne jedoch angeben zu können, wer der Maler des Bildes sei. Dem Göttinger Archäologen Hermann Thiersch gebührt das Verdienst, das Porträt 1930 ausführlich gewürdigt und festgestellt zu haben, daß es sich um das durch den Stenglinschen Stich von 1768 bekannte, aber als verschollen geltende Euler-Bildnis handele, das E. Handmann 1756 malte.

Durch das besondere Entgegenkommen der letzten Besitzerin des Bildnisses und durch die Unterstützung einiger hochherziger Gönner des Deutschen Museums, welche die Mittel zum Kauf des Gemäldes aufbrachten, konnte das schöne Porträt im vorigen Jahr für das Deutsche Museum in München erworben werden. Das Bildnis, das von sachkundiger Hand restauriert wurde, ist nun der weiten Öffentlichkeit zugänglich und hilft mit, die Erinnerung wachzuhalten an den großen Mathematiker und Physiker des 18. Jahrhunderts, der, an die Arbeiten der Leibniz und Newton anknüpfend, das Instrument der Mathematik weiterbildete und einem Gauß den Weg bereiten half.

Friedrich Klemm

BIBLIOTEKA ELBLĄSKA
010166
BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA W TORUNIU

BIBLIOTEKA UNIWERSYTECKA W TORUNIU
010166/1939